



VYSOKÁ ŠKOLA BÁSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANČÍ

Aplikace vícefaktorových modelů oceňování aktiv na českém kapitálovém trhu  
Application of Multi-factor Asset Pricing Models on the Czech Capital Market

Student: Bc. Pavel Urbášek

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Gurný, Ph.D.

Ostrava 2020

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Pavel Urbášek**  
Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa  
Studijní obor: 6202T010 Finance  
Téma: Aplikace vícefaktorových modelů oceňování aktiv na českém kapitálovém trhu  
Application of Multi-factor Asset Pricing Models on the Czech Capital Market  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Úvod
  2. Charakteristika vícefaktorových modelů oceňování kapitálových aktiv
  3. Popis a analýza vstupních dat
  4. Aplikace vícefaktorových modelů oceňování aktiv na českém kapitálovém trhu
  5. Závěr
- Seznam použité literatury  
Seznam zkratk  
Prohlášení o využití výsledků diplomové práce  
Seznam příloh  
Přílohy

### Seznam doporučené odborné literatury:


FAMA, F. Eugene and French, K. R. Multifactor Explanations of Asset Pricing Anomalies. *Journal of Finance*. 03/1996, 51(1), 55-83. ISSN 1540-6261.  
MAŘÍK, Miloš a kol. *Metody oceňování podniku pro pokročilé: hlubší pohled na vybrané problémy*. Praha: Ekopress, 2011. ISBN 978-80-86929-80-4.  
ZMEŠKAL, Zdeněk et al. *Financial Models*. Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0754-8.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

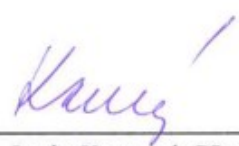
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Gurný, Ph.D.**

Datum zadání: 22.11.2019

Datum odevzdání: 24.04.2020

  
Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Lenka Kauzerová, CSc.  
proděkan pro studium  
na základě pověření k jednání č.j.  
VSB/19/050319/9900 ze dne 24. 9. 2019

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně všech příloh vypracoval samostatně.

V Ostravě dne 23.4.2020



Pavel Urbášek

Rád bych zde poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Petru Gurnému, Ph.D. za jeho podrobné připomínky, odborné rady a doporučení při zpracování této práce.

## Obsah

1	Úvod.....	5
2	Charakteristika vícefaktorových modelů oceňování kapitálových aktiv .....	7
2.1	Oceňování kapitálových aktiv .....	7
2.2	Náklady na vlastní kapitál .....	7
2.3	Fama-French třífaktorový model.....	12
2.4	Statistická metoda k odhadu beta koeficientů a statistické verifikaci .....	14
2.4.1	Regresní analýza .....	14
3	Popis a analýza vstupních dat .....	17
3.1	Český kapitálový trh.....	17
3.1.1	Burza cenných papírů Praha .....	17
3.1.2	Představení společností obchodovaných v rámci indexu PX-GLOB .....	19
3.1.3	Analýza časových řad akcií jednotlivých a jejich selekce .....	23
3.2	Představení základních vstupních dat.....	24
3.3	Bezriziková výnosová sazba.....	24
3.4	Přehled a popis základních statistik jednotlivých proměnných.....	25
4	Aplikace vícefaktorových modelů oceňování aktiv na českém kapitálovém trhu. 30	
4.1	Popis a výpočet jednotlivých faktorů modelů oceňování kapitálových aktiv 30	
4.2	Statistická verifikace modelů oceňování kapitálový .....	37
4.2.1	Korelační vztah mezi závislou proměnnou a nezávislými proměnnými .. 38	
4.2.2	Odhad beta koeficientů pro jednotlivé společnosti.....	39
4.2.3	Odhad beta koeficientů pro jednotlivá portfolia .....	45
4.3	Verifikace modelů oceňování kapitálových aktiv na historických datech .....	52
5	Závěr .....	55
	Seznam použité literatury .....	57
	Seznam zkratk.....	59

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Seznam příloh

Přílohy

# 1 Úvod

Jedním z předpokladů k určení tržní hodnoty společnosti je správně stanovit náklady na kapitál. Náklady na kapitál se skládají z nákladů na cizí a vlastní kapitál. Obecně lze tvrdit, že náklady na vlastní kapitál bývají vyšší, a proto je vhodné se zaměřit zejména na ně. Jedním ze světově nejpoužívanějších modelů pro odhad nákladů na vlastní kapitál vyvozených z trhu je model oceňování kapitálových aktiv CAPM. Vedle modelu CAPM existuje i třífaktorový model Fama-French a jeho variace. Před výběrem modelu, ke stanovení nákladů na vlastní kapitál, je tedy vhodné nejprve ověřit pomoci, kterého modelu jsme v konkrétních tržních podmínkách schopni co nejlépe náklady na vlastní kapitál stanovit.

Cílem diplomové práce je aplikace vícefaktorových modelů oceňování kapitálových aktiv na český kapitálový trh. Modely budou testovány na denních datech akcií obchodovaných na Burze cenných papírů Praha, a.s. v rámci souhrnného indexu PX-GLOB. Jednotlivé modely budou podrobeny nejen statistické verifikaci, ale i verifikaci na historických datech. Dle výsledků verifikací bude určen model, pomocí kterého lze nejpřesněji v podmínkách českého kapitálového trhu odhadnout výnosy akcií jednotlivých společností či portfolií. Tato práce je rozdělena do tří částí.

První část bude zaměřena na teoretické poznatky a východiska problematiky oceňování kapitálových aktiv. Budou zde popsány metody, dle kterých lze stanovit náklady na vlastní kapitál. Pozornost bude obzvláště věnována jednofaktorovému modelu oceňování kapitálových aktiv CAPM a třífaktorovému modelu oceňování kapitálových aktiv Fama-French včetně dalších variací tohoto modelu. Dále bude popsána statistická metoda pro odhad beta koeficientů jednotlivých faktorů v rámci modelů oceňování kapitálových aktiv.

V druhé části bude představen český kapitálový trh včetně historie vzniku. Dále bude popsán index PX-GLOB, aktuální složení indexu včetně popisu jednotlivých společností jenž, jsou v rámci tohoto indexu obchodovány. Dále bude provedena analýza historických časových řad vstupních dat a následná selekce společností, jejichž data nebude vhodné brát v úvahu při verifikaci modelů. Bude vybrána bezriziková úroková sazba, jenž bude vstupovat do rovnic modelů oceňování kapitálových aktiv. Na konci této kapitoly budou charakterizovány základní statistiky závislých a nezávislých proměnných vstupujících do modelů oceňování kapitálových aktiv.

Třetí část bude věnována samotné aplikaci modelů oceňování kapitálových aktiv na český kapitálový trh. Napřed budou sestavena portfolia pro výpočet rizikových premií



jednotlivých faktorů v modelech oceňování kapitálových aktiv. Následně bude provedena statistická verifikace modelů včetně odhadu beta koeficientů pro akcie jednotlivých společností a portfolia. Nakonec bude provedena verifikace na reálných historických datech, kdy se pomocí modelů oceňování kapitálových aktiv pokusíme odhadnout výnosy akcií jednotlivých společností a portfolií za rok 2019. Odhadnuté výnosy budou porovnány se skutečnými a na základě odchylek odhadů od skutečnosti bude vybrán model, pomocí kterého bude možné v podmínkách českého kapitálového trhu nejpřesněji odhadnout výnosy akcií či portfolií.

## **2 Charakteristika vícefaktorových modelů oceňování kapitálových aktiv**

V druhé kapitole budou uvedeny teoretická východiska ke stanovení nákladů na vlastní kapitál. Budou zde popsány nejen základní metody stanovení nákladů na vlastní kapitál, ale i tržní metody odvozeny z historických dat. Pozornost bude obzvláště věnována jednofaktorovému modelu oceňování kapitálových aktiv CAPM a dále třífaktorovému modelu oceňování kapitálových aktiv Fama-French včetně dalších variací tohoto modelu. Dále bude popsána statistická metoda, pomocí které můžeme odhadnout beta koeficienty za jednotlivé faktory vystupující v rámci modelů oceňování kapitálových aktiv.

### **2.1 Oceňování kapitálových aktiv**

Oceňování kapitálových aktiv neboli všeobecněji řečeno oceňování aktiv je proces, kterým je stanovována reálná tržní hodnota. Oceňování aktiv zastává ve financích klíčovou roli a je v něm reflektován jak objektivní, tak i subjektivní pohled jednotlivých uživatelů. Při aplikaci procesu oceňování aktiv lze vycházet z řady metod. Metody oceňování lze podrobněji rozdělit dle záměru ocenění (metoda diskontovaných peněžních toků komparativní metoda a další), či zda bude brán v potaz nějaký rizikový faktor (flexibilní metodologie reálných opcí). Oceňovaný mohou být celé společnosti, cenné papíry (akcie, dluhopisy a opce), hmotná aktiva (budovy a stroje), nebo nehmotná aktiva (značky, obchodní známky a patenty). Zejména oceňování společností je velmi složitým procesem skládajícím se z řady dílčích kroků. Jedním z těchto kroků je i stanovení nákladů na kapitál. Náklady na kapitál jsou složeny ze dvou složek, nákladů na cizí kapitál a nákladů na vlastní kapitál. Vzhledem k tomu, že náklady na vlastní kapitál bývají zpravidla vyšší je vhodné zaměřit pozornost zejména na jejich stanovení.

### **2.2 Náklady na vlastní kapitál**

Náklady na vlastní kapitál jsou představovány výnosem, který investor z investice do společnosti požaduje, anebo požadovanou mírou výnosnosti, kterou společnost musí získat z investice či projektu. Náklady na vlastní kapitál nám odpovídají na otázku, zda investování do vlastního kapitálu stojí za riziko spojené s danou investicí. Náklady na vlastní kapitál společně s náklady na cizí kapitál jsou součástí výpočtu vážených průměrných nákladů na kapitál společnosti WACC.

Přístup ke stanovení nákladů na vlastní kapitál se dle regionů odlišuje. V anglosaských zemích, jako jsou Spojené státy americké a Spojené království Velké Británie a Severního Irsku se prosadil tržní přístup ke stanovení nákladů na vlastní kapitál. Tento přístup je

v Anglosaských zemí možný, zejména díky rozvinutému trhu kapitálových aktiv s dlouholetou tradicí. V anglosaských zemích se doposud nejvíce osvědčil praxí osvědčený jednofaktorový model oceňování kapitálových aktiv CAPM. V ostatních Evropských zemích je výpočet nákladů na vlastní kapitál převážně založen na odhadech.

V praxi není stanovení nákladů na vlastní kapitál lehkým úkolem. *Dle Dluhošová (2010) lze přistoupit ke stanovení nákladů na vlastní kapitál dvěma způsoby. Můžeme náklady na vlastní kapitál stanovit na bázi tržního přístupu, anebo můžeme využít modelů vycházejících z účetních dat.* Jednotlivé přístupy ke stanovení nákladů na vlastní kapitál mají svá omezení. Hlavním omezením je dostupnost dat, zejména pak dostupnost tržních dat. Pokud bychom se rozhodli stanovit náklady na vlastní kapitál tržním přístupem, jedním z hlavní předpokladů by byl dostatečně rozvinutý kapitálový trh. Rozvinutost kapitálového trhu představuje v řadě zemí překážku pro využití tržního přístupu ke stanovení nákladů na vlastní kapitál. *Dle Dluhošová (2010) jsou základními metodami, které jsou používány pro odhadu nákladů vlastního kapitálu:*

- Model oceňování kapitálových aktiv – CAPM (Capital Asset Pricing Model),
- Arbitrážní model oceňování – APM (Arbitrage Pricing Model),
- Dividendový růstový model,
- Stavebnicové metody.

### **Model oceňování kapitálových aktiv CAPM**

Modelem oceňování kapitálových aktiv CAPM je popisován vztah mezi systematickým rizikem a očekávaným výnosem z aktiva, zejména z akcie. Model oceňování kapitálových aktiv CAPM je hojně využíván ve financích pro oceňování rizikových cenných papírů a odhadování očekávaných výnosů aktiv vzhledem k jejich rizikovosti. Očekávaný výnos aktiva vzhledem k jeho rizikovosti můžeme odhadnout za pomoci následujícího vztahu 2.1

$$E(r_i) = r_f + \beta_i(E(R_m) - r_f), \quad (2.1)$$

kde  $E(r_i)$  je očekávaný výnos aktiva,  $r_f$  je bezriziková výnosnost,  $\beta_i$  je koeficient citlivosti dodatečného výnosu aktiva na dodatečný výnos kapitálového trhu,  $ER_m$  je očekávaná výnosnost kapitálového trhu.

V případě modelu oceňování kapitálových aktiv CAPM je tedy výnos aktiva závislý na bezrizikové úrokové sazbě, tržní rizikové prémii a beta koeficientu. Beta koeficient, je jako jediný vázán ke konkrétnímu aktivu. Koeficientem beta je vyjadřována míra rizika akcie vzhledem k pohybu kapitálového trhu. V případě, že  $\beta = 1$ , tak riziko a s ním spojená riziková premie konkrétního aktiva je na úrovni tržní rizikové premie. Pokud je beta větší či menší než

1, tak je riziková premie konkrétního aktiva větší či menší než tržní riziková premie. Vývoj kapitálového trhu je ovlivněn řadou faktorů, které nelze v rámci národní ekonomiky eliminovat. Riziko představované těmito faktory je označováno jako systematické. Užití modelu oceňování kapitálových aktiv může být shrnuto do pěti myšlenek:

1. investoři mohou eliminovat některá rizika geografickou a oborovou diverzifikací,
2. makroekonomická rizika, jako je globální recese, nemohou být eliminována pomocí diverzifikace,
3. investoři musí být odměněni vyššími výnosy, než jsou výnosy z bezrizikových finančních instrumentů, jako jsou státní dluhopisy,
4. odměna za konkrétní investici je odvíjena od jejího vztahu k tržnímu riziku,
5. tržní riziko je zachyceno pomocí beta koeficientu.

Teorie modelu oceňování kapitálových aktiv CAPM je založena na několika hlavních předpokladech:

- investoři mají stejný investiční horizont jedno období,
- investoři preferují maximální očekávanou výnosnost aktiva,
- investoři jsou rizikově averzní, minimalizují riziko spojené s aktivem počítané pomocí směrodatné odchylky,
- existuje bezrizikové aktivum s bezrizikovou sazbou, která je pro všechny investory stejná,
- aktiva jsou nekonečně dělitelná,
- informace jsou volně a snadno dostupné všem investorům,
- investoři mají homogenní očekávání tzn., že mají stejný postoj k výnosnosti, riziku a kovarianci cenných papírů,
- daně a transakční náklady jsou zanedbány.

Jako většina vědních modelů, tak i model oceňování kapitálových aktiv CAPM má své nevýhody. Hlavní nevýhody spočívají v předpokladech a vstupech do modelu. Běžně používanou bezrizikovou úrokovou mírou je výnos do splatnosti střednědobých vládních dluhopisů. Problém spočívá v tom, že výnos do splatnosti se mění každý den, tím je vytvářena značná volatilita. Výnosnost trhu může být popsána součtem všech kapitálových přírůstků a dividend na konkrétním trhu. Problémem je skutečnost, že v jakýkoliv okamžik může být výnosnost trhu záporná. Z toho to důvodu je používána spíše dlouhodobá tržní výnosnost. Dalším problémem je, že výnosnost trhu počítáme z historických časových řad, které nemusí odrážet vývoj výnosnosti trhu v budoucnosti. Model CAPM byl vytvořen na základě několika

předpokladů včetně jednoho, který je založen na nerealistickém pohledu na svět. Předpoklad, že si investoři mohou vypůjčit a zapůjčit za bezrizikovou úrokovou sazbu je v praxi nenaplnitelný. Jednotlivý investoři nemohou zapůjčovat či si vypůjčovat prostředky za stejnou úrokovou sazbu jako vláda. Z toho důvodu, může být minimální požadovaná výnosnost ve skutečnosti nižší než minimální požadovaná výnosnost odhadnutá pomocí modelu CAPM. Společnosti, které využívají model CAPM k posouzení potencionální investice, potřebují nalézt betu, která je danou investicí charakterizována. Často je používána tzv. reprezentativní beta, může se jednat například o betu celého odvětví, kterou lze aplikovat na jednotlivé společnosti spadající do daného odvětví. Určit, jak správně posoudit investici je však značně komplikované a zvolený přístup může mít vliv na vypovídající schopnost výsledků.

### **Arbitrážní model oceňování APM**

Arbitrážní model oceňování APM je vícefaktorovým modelem založeným na předpokladu, že výnosnost aktiv může být předpovězena pomocí lineárního vztahu mezi očekávaným výnosem a makroekonomickými proměnnými. Arbitrážní model oceňování je vhodný k nalezení cenných papírů, které mohou být dočasně podhodnoceny.

Pomocí arbitrážního modelu oceňování můžeme predikovat přímku cenných papírů SML spojující očekávaný výnos s rizikem. To závisí na třech klíčových předpokladech:

- výnosy cenných papírů mohou být popsány faktorovým modelem,
- máme k dispozici dostatek cenných papírů k diverzifikaci idiosynkratického rizika,
- dobře fungující trh cenných papírů neumožňuje arbitráž.

Očekávaný výnos aktiva pomocí arbitrážního modelu oceňování můžeme vypočítat dle následujícího vztahu 2.2

$$E(r_i) = r_f + \sum_j \beta_{ij} [E(R_j) - r_f], \quad (2.2)$$

kde  $\beta_{ij}$  je koeficient citlivosti dodatečného výnosu aktiva na dodatečný výnos  $j$ -tého faktoru,  $E(R_j)$  je očekávaný výnos  $j$ -tého faktoru.

### **Dividendový a dividendový růstový model**

Dividendový model je dle *Dluhošová (2010)* využíván pro oceňování akcií, za předpokladu, že tržní cena akcie je stanovena současnou hodnotou budoucích dividend z této akcie v jednotlivých letech. Předpokladem tohoto modelu je nekonečně dlouhá držba akcií s konstantní hodnotou dividendy  $DIV$  lze tedy určit tržní cenu akcie jako perpetuitu. Náklad

vlastního kapitálu  $R_E$  pomocí dividendového modelu můžeme vypočítat dle následujícího vztahu 2.3

$$R_E = \frac{DIV}{\text{tržní cena akcie}}. \quad (2.3)$$

Pokud bychom předpokládali, že hodnota  $DIV$  poroste v dalších letech konstantním tempem  $g$ , v takovém případě bychom pro výpočet nákladů na vlastní kapitál využili Gordonův dividendový model, který lze vypočítat dle následujícího vztahu 2.4

$$R_E = \frac{DIV}{\text{tržní cena akcie}} + g. \quad (2.4)$$

Hlavním omezením této varianty modelu je v předpokladu konstantního růstu dividendy na akcii. V praxi je společnostmi vyplácena dividendy s konstantním růstem jen zřídka, a to kvůli hospodářskému cyklu a nepředvídatelným finančním problémům či úspěchům dané společnosti.

### Stavebnicové metody

Podstatu stavebnicové metody pro stanovení nákladů na vlastní kapitál lze znázornit dle schématu uvedeného na obr. 2.1.

Obr. 2.1 Schématické zachycení podstaty stavebnicové metody

Výnosnost „bezrizikových“ cenných papírů (tj. dlouhodobých státních dluhopisů)
+ Přirážka za riziko
= Kalkulovaná úroková míra

*Zdroj: zpracováno dle Mařík (2018)*

Značnou výhodou stavebnicové metody je, že riziková přirážka není počítána z dat kapitálového trhu, ale je složena z dílčích rizikových přirážek. Z toho to důvodu je model využíván i v zemích, kde je méně rozvinutý kapitálový trh. *Dle Mařík (2018) můžeme k sestavení celkové rizikové přirážky postupovat dle následujících kroků:*

- vymezení hlavních rizikových faktorů,
- ověření možnosti jejich kvantifikace,
- formalizace vztahů mezi velikostí jednotlivých faktorů a výší rizikové přirážky.

Stavebnicových modelů existuje celá řada, hlavní rozdíl mezi jednotlivými modely spočívá ve způsobu určení hlavních rizikových faktorů.

## 2.3 Fama-French třífaktorový model

Třífaktorový model Fama-French je modelem oceňování kapitálových aktiv, který byl navržen v roce 1992, jako rozšíření k jednofaktorovému modelu oceňování kapitálových aktiv CAPM tak, že byly do modelu přidány další rizikové faktory. Konkrétně riziko velikosti společnosti a hodnoty společnosti. Tímto rozšířeným modelem je zohledňován fakt, že investováním do společnosti s vysokým poměrem účetní hodnoty a společnosti s malou tržní kapitalizací je dosahováno vyšší výnosnosti než je průměrná výnosnost trhu. Tento model lze vyjádřit dle následujícího vztahu 2.5

$$E(r_i) = r_f + \beta_m \cdot RP_m + \beta_{SMB} \cdot RP_{SMB} + \beta_{HML} \cdot RP_{HML}, \quad (2.5)$$

kde  $E(r_i)$  očekávaná výnosnost cenného papíru  $i$ ,  $r_f$  bezriziková výnosnost,  $RP_m$  je očekávaná tržní prémie za riziko,  $RP_{SMB}$  je očekávaná riziková prémie odhadnutá jako rozdíl mezi výnosem portfolia složeného z akcií společností s malou tržní kapitalizací a výnosem portfolia složeného z akcií společností s velkou tržní kapitalizací,  $RP_{HML}$  je očekávaná riziková prémie odhadnutá jako rozdíl mezi výnosem portfolia složeného z akcií společností s vysokým poměrem účetní hodnoty vůči tržní hodnotě společnosti a výnosem portfolia složeného z akcií společností s nízkým poměrem účetní hodnoty vůči tržní hodnotě společnosti,  $\beta_m$ ,  $\beta_{SMB}$  a  $\beta_{HML}$  jsou beta koeficienty citlivosti výnosů  $i$ -tého aktiva na příslušný faktor (rizikovou premii).

V rámci třífaktorového modelu Fama-French bereme v úvahu tři faktory: velikost společnosti SMB (small minus big), poměr účetní hodnoty vůči tržní hodnotě společnosti HML (high minus low) a výnos tržního portfolia nad bezrizikovou výnosností. Faktorem SMB jsou zastoupeny společnosti obchodovány na kapitálovém trhu s malou tržní kapitalizací, kterými je generována vyšší výnosnost a faktorem HML jsou zastoupeny společnosti s vysokým poměrem účetní hodnoty vůči tržní hodnotě společnosti, kterými je generována vyšší výnosnost, než je průměrná výnosnost tržního portfolia.

Řada odborníků vede diskuzi, zda vyšší výnosnost akcií dříve zmíněných společností je zapříčiněna tržní efektivitou či tržní neefektivitou. Teorie, že vyšší výnosnost je zapříčiněna tržní efektivitou je podpořena faktem, že vyšší výnosnost je všeobecně zapříčiněna větší rizikovostí investic do společností s vyšším poměrem účetní hodnoty vůči tržní hodnotě společnosti a do společností s malou tržní kapitalizací z důvodu vyšších nákladů na kapitál a větším obchodním rizikem. Teorie, že vyšší výnosy jsou zapříčiněny tržní neefektivností je podpořena myšlenkou, že investoři nesprávně oceňují akcie těchto společností.

## Fama-French pětifaktorový model

Pětifaktorový model oceňování kapitálových aktiv Fama-French je rozšířenou variantou třífaktorového modelu Fama-French. Do pětifaktorového modelu Fama-French byly přidány další dva faktory, provozní rentabilita a investiční strategie společnosti, tyto faktory byly přidány jako reakce na zjištění, že pomocí třífaktorového modelu Fama-French nelze adekvátně odhadnout očekávaný výnos, jelikož třemi faktory zohledněnými v tomto modelu nemůžeme dostatečně vysvětlit rozdíly v průměrných výnosech souvisejících s provozní rentabilitou a investiční strategií společností. Pětifaktorový model Fama-French lze vyjádřit dle následujícího vztahu 2.6

$$E(r_i) = r_f + \beta_m \cdot RP_m + \beta_{SMB} \cdot RP_{SMB} + \beta_{HML} \cdot RP_{HML} + \beta_{RMW} \cdot RP_{RMW} + \beta_{CMA} \cdot RP_{CMA}, \quad (2.6)$$

kde  $RP_{RMW}$  je očekávaná riziková premie odhadnutá jako rozdíl mezi výnosem portfolia složeného z akcií společností s robustní provozní rentabilitou vlastního kapitálu a portfolia složeného z akcií společností se slabou provozní rentabilitou vlastního kapitálu,  $RP_{CMA}$  je očekávaná riziková premie odhadnutá jako rozdíl mezi výnosem portfolia složeného z akcií společností s konzervativní investiční strategií a portfolia složeného z akcií společností s agresivní investiční strategií,  $\beta_{CMA}$ ,  $\beta_{RMW}$  jsou beta koeficienty citlivosti výnosů i-tého aktiva na příslušný faktor.

## Fama-French dvoufaktorový model

Dvoufaktorový model oceňování kapitálových aktiv Fama-French je variací na třífaktorový model oceňování kapitálových aktiv Fama-French. V případě dvoufaktorového modelu Fama-French bereme v úvahu pouze dva rizikové faktory. Faktor  $RP_m$  představován tržní rizikovou premií a faktor  $RP_{SMB}$  představovaná rizikovou premií odhadnutou jako rozdíl mezi výnosy portfolia složeného z akcií s malou tržní kapitalizací a portfolia složeného z akcií společností s velkou tržní kapitalizací. Dvoufaktorový model Fama-French lze vyjádřit dle následujícího vztahu 2.7

$$E(r_i) = r_f + \beta_m \cdot RP_m + \beta_{SMB} \cdot RP_{SMB}. \quad (2.7)$$

## Fama-French čtyřfaktorový model

Čtyřfaktorový model oceňování kapitálových aktiv Fama-French je variací na pětifaktorový model oceňování kapitálových aktiv Fama-French. V případě čtyřfaktorového modelu Fama-French bereme v úvahu čtyři rizikové faktory. Faktor  $RP_m$  představován tržní rizikovou premií, faktor  $RP_{SMB}$  představovaná rizikovou premií odhadnutou jako rozdíl mezi výnosy portfolia složeného z akcií společností s malou tržní kapitalizací a portfolia složeného



z akcií společností s velkou tržní kapitalizací, faktor  $RP_{HML}$  představován rizikovou premií odhadnutou jako rozdíl mezi výnosy portfolia složeného z akcií společností s vysokým poměrem účetní hodnoty vůči tržní hodnotě společnosti a portfolia složeného z akcií společností s nízkým poměrem účetní hodnoty vůči tržní hodnotě společnosti a faktor  $RP_{RMW}$  představován rizikovou premií odhadnutou jako rozdíl mezi výnosy portfolia složeného z akcií společností s robustní provozní rentabilitou vlastního kapitálu a portfolia složeného z akcií společností se slabou provozní rentabilitou vlastního kapitálu.

Čtyřfaktorový model Fama-French lze vyjádřit dle následujícího vztahu 2.8

$$E(r_i) = r_f + \beta_m \cdot RP_m + \beta_{SMB} \cdot RP_{SMB} + \beta_{HML} \cdot RP_{HML} + \beta_{RMW} \cdot RP_{RMW}. \quad (2.8)$$

Provozní rentabilitu vlastního kapitálu, dle které jsou v rámci faktoru  $RP_{RMW}$  rozděleny akcie společností do dvou portfolií lze vyjádřit dle následujícího vztahu 2.9

$$ROE = \frac{\text{provozní výnos}}{\text{vlastní kapitál}}, \quad (2.9)$$

kde  $ROE$  je provozní rentabilita vlastního kapitálu.

## 2.4 Statistická metoda k odhadu beta koeficientů a statistické verifikaci

V této podkapitole bude představena regresní analýza pomoci, které jsme schopni odhadnout beta koeficienty potřebné k aplikaci modelů oceňování kapitálových aktiv. Také zde bude popsána korelace, pomocí které jsme schopni ověřit vztahy mezi proměnnými jenž vstupují do modelů.

### 2.4.1 Regresní analýza

Pomocí regresní analýzy jsme schopni nejen modelovat vztahy mezi proměnnými, ale i vytvářet predikce. Regresní modely lze vyjádřit pomocí regresní funkce. Regresní funkce jsou tvořeny jak závislými proměnnými  $y$ , tak i množinou nezávislých proměnných  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , které slouží k vysvětlení variability závislé proměnné  $y$ .

#### Lineární regresní model

Nejzákladnějším regresním modelem je tzv. lineární regresní model. Lineárním regresním modelem je vyjadřována stochastická závislost závisle proměnné  $y$  na regresní funkci základního souboru  $\eta$  a náhodné složce  $\varepsilon$ . Rovnici lineárního regresního modelu můžeme vyjádřit dle následujícího vztahu 2.10

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \dots + \beta_k \cdot x_k + \varepsilon, \quad (2.10)$$

kde  $y$  je závislá proměnná,  $\varepsilon$  náhodná složka,  $\beta_k$  neznámé regresní parametry,  $x_k$  nezávislé proměnné.

### **Metoda nejmenších čtverců**

Parametry základního lineárního regresního modelu můžeme odhadnout pomocí metody nejmenších čtverců. Metoda nejmenších čtverců je možné využít pouze v případě modelů s lineárními regresními parametry. Principem metody nejmenších čtverců je nalézt vhodnou aproximační funkci, pomocí které lze nejlépe vystihnout empirické hodnoty závislé proměnné. Za nejlepší aproximační funkci můžeme považovat takovou funkci, které nejlépe minimalizuje reziduální součet čtverců odchylek skutečných hodnot závisle proměnné  $y$  od teoretických  $\eta$ .

Předpoklady k užití metody nejmenších čtverců jsou následovné:

- náhodná složka  $\varepsilon$  má mít nulovou střední hodnotu,
- homoskedasticita, ta znamená konečný a konstantní rozptyl náhodné složky a sériovou nezávislost náhodné složky,
- nezávislé proměnné nejsou vzájemně korelovány.

### **Korelace**

Korelací je znázorňována statistická závislost dvou kvantitativních veličin. Pomocí korelace můžeme tedy stanovit vzájemný vztah dvou proměnných. Dvě proměnné jsou korelované, pokud hodnoty jedné proměnné mají tendenci se vyskytovat společně s hodnotami druhé proměnné. Korelačním koeficientem  $r$  je vyjadřována síla korelačního vztahu. Korelační koeficient  $r$  může nabývat hodnot  $-1 \leq r \leq 1$ . Pro hodnoty korelačního koeficientu platí:

- kladné hodnoty  $r$  znamenají kladnou lineární korelaci,
- záporné hodnoty  $r$  znamenají negativní lineární korelaci,
- hodnota  $r = 0$  znamená, že mezi proměnnými neexistuje lineární korelace,
- čím je hodnota blíže 1 nebo -1, tím silnější lineární korelace je.

Pearsonův korelační koeficient je používán k měření statistické závislosti u lineárních dat (je parametrický). Korelační koeficient je silně ovlivněn odlehlými hodnotami. Korelační koeficient je počítán pomocí směrodatné odchylky obou proměnných a jejich kovariance. Kovariancí je značena míra vzájemné vazby mezi veličinami.

Pearsonův korelační koeficient můžeme vypočítat dle následujícího vztahu 2.11

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{(n-1) s_x s_y}, \quad (2.11)$$

kde  $\bar{x}$  a  $\bar{y}$  jsou výběrové průměry,  $s_x$  a  $s_y$  jsou výběrové směrodatné odchylky.

Sílu korelačního vztahu lze popsat i verbálně. Dle Evans (1996) je možné sílu korelace v absolutní hodnotě popsat i verbálně a to následovně:

- 0,00-0,19 velmi slabá korelace,
- 0,20-0,39 slabá korelace,
- 0,40-0,59 střední korelace,
- 0,60-0,79 silná korelace,
- 0,80-1,00 velmi silná korelace.

### **3 Popis a analýza vstupních dat**

V této kapitule bude představen Český kapitálový trh, Burza cenných papírů Praha a nejvýznamnější index na této burze index PX-GLOB včetně historického vývoje a aktuálního složení dle oborů a tržní kapitalizace. Dále budou popsány a okomentovány základní statistiky dat vstupujících do modelů oceňování kapitálových aktiv.

#### **3.1 Český kapitálový trh**

Kapitálový trh na českém území vznikl v druhé polovině 19. století. Rozvoj kapitálového trhu na českém území byl přerušen v období světových válek. Po druhé světové válce kapitálový trh na území České republiky prakticky zanikl. Po konci sovětské okupace v roce 1989 byly započaty práce na obnově kapitálového trhu na území České republiky. Z počátku bylo o obchodování a uvádění nových emisí velký zájem. Z důvodu nerozvinutosti tohoto trhu a nedostatečné regulace, mnoho lidí ztratilo rychle nabytou důvěru v tento trh a do současnosti nebyla ve větší míře důvěra obnovena. Ani po téměř 30 letech od znovuoobnovení kapitálového trhu na českém území, nedosahuje ani z daleka jeho význam stejné úrovně, jako v zemích, kde má trh kapitálu dlouholetou tradici, jako jsou například Spojené státy americké.

##### **3.1.1 Burza cenných papírů Praha**

Počátky Pražské burzy jsou datovány k roku 1871, kdy vznikla Pražská burza pro zboží a cenné papíry. Z počátku bylo na Pražské burze obchodováno s cennými papíry, nejrůznějším zbožím a zemědělskými plodinami. Již v roce 1872 po vzniku samostatné plodiny burzy, se Pražská burza zaměřila pouze na obchodování s cennými papíry. Po konci druhé světové války nebylo obchodování na pražské burze obnoveno a po transformaci ekonomiky na centrálně plánovanou, byla činnost burzy až do 90. let ukončena.

V roce 1991 vznikl přípravný výbor pro založení Burzy cenných papírů Praha, složen z osmy bank, který byl v roce 1992 přeměněn na sdružení. Poté co byl přijat zákon o burze, byla provedena přeměna sdružení na obchodní společnost Burza cenných papírů Praha, a.s. První obchodní seance byla uskutečněna 6. dubna 1993. V současnosti je Burza cenných papírů Praha z většiny vlastněna rakouskou burzou Wiener Börse AG.

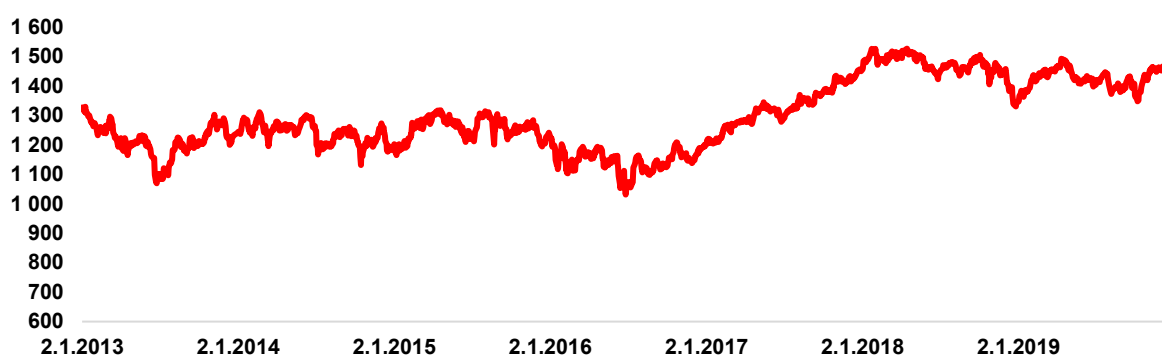
V souladu s tématem diplomové práce byla pro aplikaci vícefaktorových modelů oceňování kapitálových aktiv použita data z Burzy cenných papírů Praha. Cílem bylo pokrýt v co největší míře český kapitálový trh. Na Pražské burze jsou zveřejňovány celkem čtyři indexy, které jsou dle určitých parametrů složeny z českých i zahraničních společností, jejichž akcie

jsou obchodovány na českém kapitálovém trhu. Konkrétně jde o indexy PX, PX-TR, PX-TRnet a PX-GLOB.

### **Index PX-GLOB**

Index PX-GLOB je souhrnným indexem Burzy cenných papírů Praha, a.s. Vznik indexu je datován k 30. září roku 1994. Výchozí hodnota indexu byla stanovena na 1 000 bodů. Index PX-GLOB je cenovým indexem, a proto nezohledňuje dividendové výnosy. Vývoj indexu PX-Glob mezi lety 2013-2019 je zobrazena na obr. 3.1. Z obr. 3.1 lze vyčíst značnou volatilitu hodnoty indexu s rostoucím trendem. Za sledované období vrostla hodnota indexu o 12,15 %.

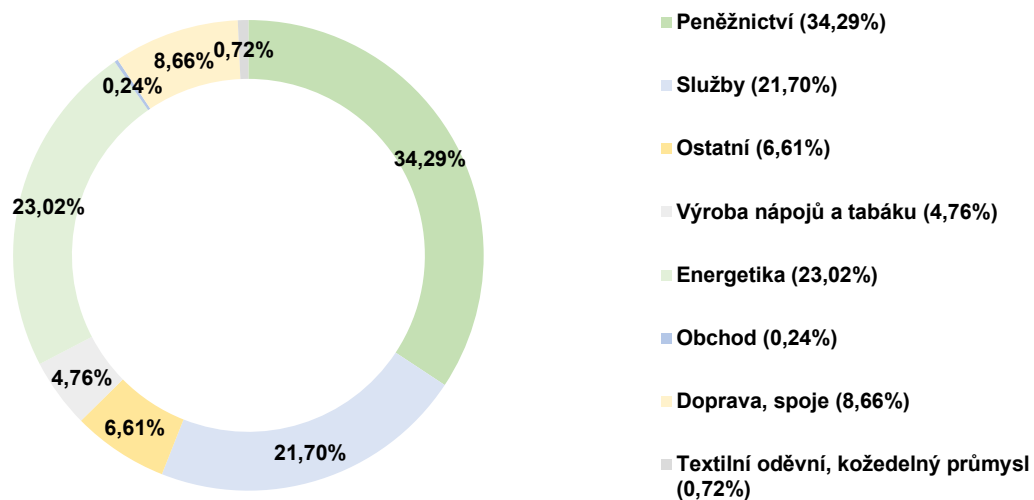
Obr. 3.1 Vývoj hodnoty indexu PX-GLOB od 2.1.2013 do 30.12.2019



*Zdroj: vlastní zpracování dle dat z [www.pse.cz](http://www.pse.cz)*

Celkem je index PX-GLOB složen z akciových titulů 19 domácích i zahraničních firem. Pro stabilitu indexu je nezbytná diverzifikace, a proto je tvořen společnostmi působícími ve více než 8 oborech. Největší podíl v indexu je tvořen společnostmi působícími v oboru peněžnictví energetiky a služeb. Aktuální struktura indexu PX-GLOB dle oborů je znázorněna na obr. 3.2.

Obr. 3.2 Aktuální struktura indexu PX-GLOB dle oborů



*Zdroj: vlastní zpracování dle [www.pse.cz](http://www.pse.cz)*

### 3.1.2 Představení společností obchodovaných v rámci indexu PX-GLOB

V této podkapitole budou stručně představeny jednotlivé společnosti, z jejichž akcií je složen index PX-GLOB. Tržní kapitalizace jednotlivých společností a podíl na indexu PX-GLOB je znázorněn k prvnímu obchodnímu dni v roce 2020 v tab. 3.1.

Tab. 3.1 Přehled společností z jejichž akcií je složen index PX-GLOB dle tržní kapitalizace včetně podílu na indexu k 2.1.2020

Společnost / Skupina	Tržní kapitalizace v mil. Kč	Podíl na indexu (v %)
Erste Group Bank AG	371 777	29,23
Vienna Insurance Group	83 008	6,53
VGP N.V.	29 361	2,31
Central European Media Enterprise Ltd.	25 868	2,03
RMS Mezzanine, a.s.	692	0,05
Philip Morris ČR, a.s.	29 241	2,30
ENERGOAQUA, a.s.	1 738	0,14
TOMA, a.s.	1 787	0,14
ČEZ, a.s.	276 527	21,74
E4U, a.s.	239	0,02
Komerční banka, a.s.	158 691	12,48
MONETA Money Bank, a.s.	43 435	3,41
Kofola ČeskoSlovensko, a.s.	6 331	0,50
O2 Czech Republic, a.s.	72 591	5,71
Avast Software s.r.o.	143 183	11,26
Stock Spirits Group	12 640	0,99
PFNonwovens, a.s.	6 134	0,48
Photon Energy N.V.	2 490	0,20
Tatry mountain resorts, a.s.	6 338	0,50
<b>Celkem</b>	<b>1 272 071</b>	<b>100,00</b>

*Zdroj: vlastní zpracování*

### **Erste Group Bank AG**

Erste Group Bank AG je přední poskytovatel finančních služeb v Rakousku a východní části Evropské unie. Společnost byla založena roku 1819 v Rakousku. Stala se jednou z předních bank ve střední a východní Evropě, kterou jsou poskytovány bankovní služby 15,8 milionů klientů v 7 zemích. Kromě tradičních bankovních produktů jsou Erste Group nabízeny i digitální alternativy.

### **Vienna Insurance Group**

Vienna Insurance Group patří mezi přední pojišťovací společnosti ve střední a východní Evropě se sídlem ve Vídni. Vienna Insurance Group mimo Rakousko působí také například v Německu, Polsku, České republice, Turecku a Itálii.

### **VGP NV**

VGP NV jsou spravovány logistické a industriální parky v Německu, České republice, Lotyšsku, Estonsku, Slovensku, Maďarsku, Rumunsku a Španělsku. Skupina patří mezi leadery na českém trhu.

### **Central European Media Enterprise Ltd.**

Společností Central European Media Enterprise Ltd. jsou vlastněny a provozovány komerční televizní stanice ve střední a východní Evropě. Konkrétně v Bulharsku, Chorvatsku, České republice, Rumunsku, Slovenské republice a Slovinsku.

### **RMS Mezzanine, a.s.**

RMS Mezzanine, a.s. je tradiční česká společnost, se specializací na poskytování kapitálu malým a středním společnostem, kterým nebyly finanční prostředky poskytnuty bankovním sektorem. Mezi další aktivity patří investování do minoritních i majoritních podílů společností, u kterých je předpoklad vysokého růstu vnitřní hodnoty.

### **Philip Morris ČR, a.s.**

Philip Morris ČR a.s. je největším výrobcem tabákových výrobků v České republice. Společností jsou poskytovány zákazníkům oblíbené mezinárodní a domácí značky cigaret, jako jsou Marlboro, L&M, Red & White, Philip Morris, Petra či Sparta.

### **ENERGOAQUA, a.s.**

Mezi hlavní činnosti podnikání ENERGOAQUA, a.s. patří distribuce a prodej energetických medií a služeb v oblasti elektrické energie, tepelné energie, technických plynů a vodního hospodářství. V současné době je společností věnována pozornost rovněž developerské činnosti a revitalizaci objektů uvolněných jinými společnostmi s cílem jejich dalšího využití ať už pro vlastní potřebu, pro účely pronájmu či prodeje dalším výrobním subjektům, nebo pro výstavbu a rozvoj bytové a občanské vybavenosti.

### **TOMA, a.s.**

TOMA, a.s. představuje mezioborovou společnost se širokou škálou podnikatelských činností. V současnosti jsou společností vykonávány činnosti jako distribuce energií, development, správa komunikací v průmyslovém areálu, pronájem bytových i nebytových prostor, provoz čistírny odpadních vod, provoz akreditované hydroanalytické laboratoře, čištění kanalizací, likvidace nebezpečných kapalných odpadů, provoz železniční vlečky a služby finančního leasingu.

### **ČEZ, a.s.**

ČEZ, a.s. je největším výrobcem elektřiny v České republice a mateřská společnost Skupiny ČEZ, kterou jsou sdružovány další desítky společností. Značkou ČEZ je představován výrobce či distributor energií celkem v 7 zemích a má tak silnou pozici ve střední a jihovýchodní Evropě. Skupina ČEZ je výrobcem elektřiny, provozovatelem distribuční



soustavy a subjektem na velkoobchodním i maloobchodním trhu s elektřinou. Mezi další činnosti patří telekomunikace, informatika, jaderný výzkum, projektování, výstavba a údržba energetických zařízení a jiné.

#### **E4U, a.s.**

Mezi hlavní činnosti společnosti E4U, a.s. patří vlastnictví a provozování fotovoltaických elektráren a připravovaných projektů zahrnujících tepelné slunečná elektrárny a alternativní zdroje energie.

#### **Komerční banka, a.s.**

Společností Komerční banka, a.s. jsou klientům poskytovány služby v oblasti drobného, podnikového a investičního bankovníctví. Klientům jsou nabízeny depozitní a úvěrové produkty a platební služby. Klienti mohou vedle standardních bankovních produktů využít možnosti pojištění, důchodového připojištění, uzavřít smlouvu o stavebním spoření nebo leasingovou smlouvu, či investovat do podílových či zajištěných fondů.

#### **MONETA Money Bank, a.s.**

MONETA Money bank, a.s. patří mezi přední retailové banky v České republice a expandující poskytovatele bankovních a finančních služeb pro klienty v segmentu živnostníků a malých a středních podniků. Bankou je poskytována široká škála finančních produktů a služeb se zaměřením na retailové klienty a malé a střední podniky.

#### **Kofola ČeskoSlovensko, a.s.**

Kofola Československo je součástí skupiny Kofola, jednoho z předních výrobců a distributorů nealkoholických nápojů ve střední a východní Evropě. Skupina působí kromě České a Slovenské republiky také ve Slovinsku, Chorvatsku v Polsku a Rusku. Mezi její hlavní značky patří Kofola, Radenska, Vinea, Studenac, Jupí, Jupík, Rajec, UGO a Semtex.

#### **O2 Czech Republic, a.s.**

O2 je největším integrovaným poskytovatelem telekomunikačních služeb na českém trhu. V současnosti je O2 provozováno téměř osm milionů mobilních a pevných linek. Zákazníkům mobilních služeb jsou O2 v Česku nabízeny nejmodernější technologie HSPA+ a LTE.

#### **Avast Software s.r.o.**

Avast patří mezi jedny z největších poskytovatelů kybernetické ochrany na světě s více než 435 miliony uživatelů po celém světě. Patentové portfolio společnosti je zaměřováno na

čtyři klíčové oblasti, detekce a blokování malwaru, umělá inteligence a strojové učení, internet věci a polohové technologie.

### **Stock Spirits Group**

Stock Spirits je producent značkových lihovin ve střední a východní Evropě. Klíčovými trhy jsou Polsko, Česká republika a Itálie. Skupina disponuje portfoliem více než 40 značek lihovin, mezi které patří například rum Božkov, Pražská vodka či vodka Amundsen a Fernet Stock

### **PFNonwovens, a.s.**

Společnost PFNonwovens a.s. je jedním z předních světových výrobců netkaných textilií používaných zejména na trhu osobních hygienických výrobků. Skupina dodává svým zákazníkům spunbond textilie na bázi polypropylenu a polyetyleny převážně pro účely výroby jednorázových hygienických produktů (jako jsou dětské plenky, výrobky pro inkontinenci dospělých a dámské hygienické výrobky) a dále v menší míře do stavebnictví, zemědělství a lékařských aplikací.

### **Photon Energy N.V.**

Photon Energy nabízí celosvětově řešení v oblasti sluneční energie a služby pro všechny, jenž chtějí využívat bezplatné sluneční energie. Služby, které jsou společností poskytovány zahrnují celý životní cyklus fotovoltaických energetických systémů.

### **Tatry mountain resorts, a.s.**

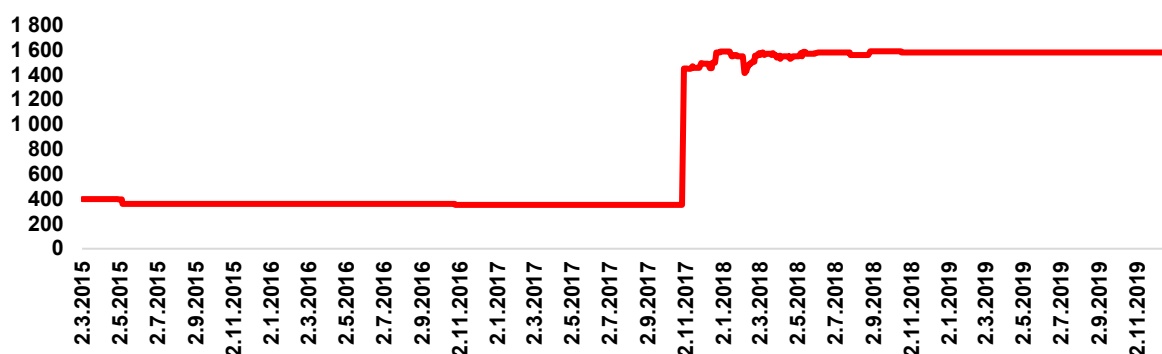
Společnost Tatry mountain resorts, a.s. je lídrem v provozování horských středisek a poskytování turistických služeb ve střední a východní Evropě s portfoliem zahrnujícím nejvýznamnější horské střediska, zábavní parky a hotely v regionu.

### **3.1.3 Analýza časových řad akcií jednotlivých a jejich selekce**

Pro účely praktické části diplomové práce bylo nutné provést analýzu základních vstupních dat (kurzů akcií) jednotlivých společností, které jsou obchodovány na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB a dle potřeby, některé z nich vyloučit z výpočtu v rámci praktické části diplomové práce.

U těchto sedmi akciových titulů VGP N.V., RMS Mezzanine, a.s., ENERGOAQUA, a.s., TOMA, a.s., E4U, a.s., Photon Energy N.V., Tatry mountain resorts, a.s. byl zjištěn velmi malý objem obchodů za sledované období. Jako příklad je na obr. 3.3 zaznamenán vývoj kurzu akcií společnosti VGP N.V.

Obr. 3.3 Vývoj kurzu akcií společnosti VGP N.V. od 2.3.2015 do 30.12.2019



*Zdroj: vlastní zpracování dle dat z [www.pse.cz](http://www.pse.cz)*

Z obr. 3.3 je patrné, že akcie společnosti VGP N.V. jsou velice málo obchodovány. Menší volatilitu v kurzu akcií lze zaznamenat v roce 2018. V jiných letech je hodnota kurzu téměř konstantní. Z takové vývoje kurzu akcií nelze vyčíst informace o trhu či stavu společnosti, z toho důvodu patří akcie této společnosti mezi ty, jež byly vyřazeny z výpočtů v praktické části.

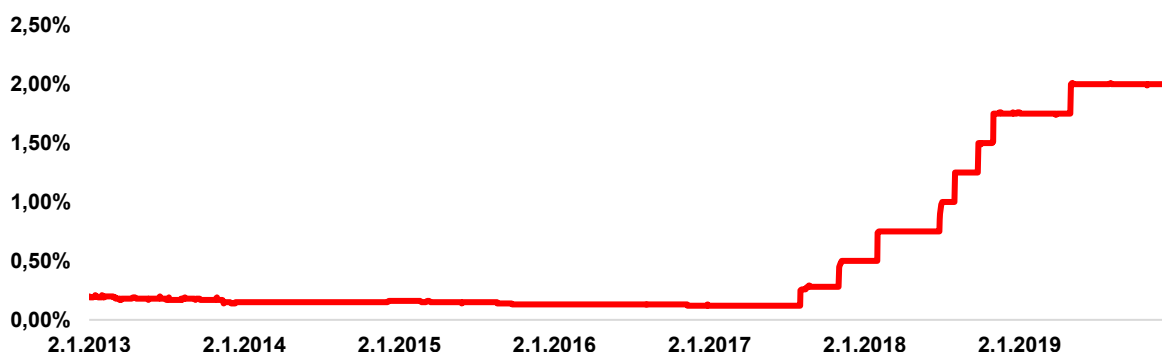
### 3.2 Představení základních vstupních dat

Základními vstupními daty pro výpočet rizikových premií k aplikaci modelů oceňování kapitálových aktiv budou kurzy akcií obchodovaných na českém kapitálovém trhu, kurz tržního indexu PX-GLOB a bezriziková úroková sazba PRIBOR. K veškerým výpočtům budou použita denní data. Denní data budou zpracována za období od prvního burzovního dne roku 2013 do posledního burzovního dne roku 2019. Cílem bylo zvolit interval tak, abychom měli k dispozici dostatečný počet dat, ale zároveň nebyly zahrnuty do výpočtů data ovlivněná poslední světovou finanční krizí. Taktéž nebylo počítáno s daty za rok 2020 z důvodu mimořádných externích vlivů na kurzy akcií. Dalším limitujícím faktorem pro volbu délky intervalu byl fakt, že řada společností obchodovaných v rámci indexu PX-GLOB vstoupila na burzu až po roce 2013, z toho důvodu by nedávalo smysl jít dále do historie.

### 3.3 Bezriziková výnosová sazba

Teorii je uváděno více způsobů, jakými bezrizikovou sazbu stanovit. Jednou z variant je použití referenční úrokové sazby PRIBOR (Prague Interbank Offered Rate). Hodnoty denní referenční úrokové sazby PRIBOR byly převzaty z databáze České národní banky. Vývoj denní referenční úrokové sazby PRIBOR je znázorněn na obr. 3.4.

Obr. 3.4 Vývoj denní referenční úrokové sazby PRIBOR od 2.1.2013 do 30.12.2019



*Zdroj: vlastní zpracování dle dat z [www.cnb.cz](http://www.cnb.cz)*

Z obr. 3.4 lze vyčíst, že vývoj roční referenční sazby PRIBOR byl mírně klesající do konce roku 2017. Koncem roku 2017 byl mírný pokles vystřídán razantnějším nárustem z 0,25 % na 2 % koncem roku 2018. Značný nárůst koncem roku 2017 byl v souladu s opatřeními proti tak zvanému přehřívání ekonomiky. Vzhledem k tomu, že v praktické části bude počítáno s denními daty, tak bude nutné denní referenční úrokovou sazbu PRIBOR vydělit 250, tedy počtem burzovních obchodních dní v roce.

### 3.4 Přehled a popis základních statistik jednotlivých proměnných

V této podkapitole budou popsány a ověřeny základní statistiky jednotlivých proměnných (rizikových premií) vstupujících do modelů oceňování kapitálových aktiv. Před samotnou aplikací modelů oceňování kapitálových aktiv je klíčové mít přehled o statistických vlastnostech všech vstupních proměnných. Statistické vlastnosti vstupních proměnných budou vždy posuzovány souhrnně za období od 3.1.2013 do 30.12.2019. Rizikové premie akcií jednotlivých společností budu v celé podkapitole 3.4 značeny čísla a to následovně:

- [1] Erste Group Bank AG,
- [2] Vienna Insurance Group,
- [3] Central European Media Enterprise Ltd.,
- [4] Philip Morris ČR, a.s.,
- [5] ČEZ, a.s.,
- [6] Komerční Banka, a.s.,
- [7] MONETA Money Bank, a.s.,
- [8] Kofola ČeskoSlovensko, a.s.,
- [9] O2 Czech Republic, a.s.,
- [10] Avast Software s.r.o.,

- [11] Stock Spirits Group,
- [12] PFNonwovens, a.s.

Rizikové prémie portfolií složených z akcií společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB budou v celé podkapitole značeny následovně:

- [1.1 W] Portfolio složené z akcií společností Erste Group Bank AG a Komerční Banka, a.s. Akcie jsou v portfoliu zastoupeny dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností.
- [1.1 E] Portfolio složené z akcií společností Erste Group Bank AG a Komerční Banka, a.s. Akcie jsou v portfoliu zastoupeny ve stejném poměru.
- [1.2 W] Portfolio složené z akcií společností Erste Group Bank AG, Komerční Banka, a.s. a Vienna Insurance Group. Akcie jsou v portfoliu zastoupeny dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností.
- [1.2 E] Portfolio složené z akcií společností Erste Group Bank AG, Komerční Banka, a.s. a Vienna Insurance Group. Akcie jsou v portfoliu zastoupeny ve stejném poměru.
- [2.1 W] Portfolio složené z akcií společností Philip Morris ČR, a.s. a Stock Spirits Group. Akcie jsou v portfoliu zastoupeny dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností.
- [2.1 E] Portfolio složené z akcií společností Philip Morris ČR, a.s. a Stock Spirits Group. Akcie jsou v portfoliu zastoupeny ve stejném poměru.
- [2.2 W] Portfolio složené z akcií společností Philip Morris ČR, a.s., Stock Spirits Group a PFNonwovens, a.s. Akcie jsou v portfoliu zastoupeny dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností.
- [2.2 E] Portfolio složené z akcií společností Philip Morris ČR, a.s., Stock Spirits Group a PFNonwovens, a.s. Akcie jsou v portfoliu zastoupeny ve stejném poměru.

Jednotlivá portfolia budou podrobněji popsána v podkapitole č. 4.2.3. Tržní riziková prémie  $RP_m$ , riziková prémie portfolia složeného z akcií společností s malou tržní kapitalizací  $RP_{SMB}$ , riziková prémie portfolia složeného z akcií společností s vysokým podílem účetní hodnoty vůči účetní hodnotě společnosti  $RP_{HML}$  a riziková prémie portfolia složeného z akcií společností s robustní provozní rentabilitou vlastního kapitálu  $RP_{RMW}$ , tyto rizikové prémie budou podrobněji popsány v kapitole 4.1.

### **Střední hodnota vstupních proměnných**

Střední hodnota vstupních proměnných je uvedena v tab. 3.2, byla vypočtena jako aritmetický průměr z hodnot proměnných za období od 3.1.2013 do 30.12.2019.

Tab. 3.2 Střední hodnota vstupních proměnných (v %) za sledované období

Proměnná	Střední hodnota	Proměnná	Střední hodnota
[1]	0,0330	[1.1 W]	0,0277
[2]	-0,0162	[1.1 E]	0,0196
[3]	0,0259	[1.2 W]	0,0270
[4]	-0,0212	[1.2 E]	0,0181
[5]	-0,0121	[2.1 W]	0,0275
[6]	0,0062	[2.1 E]	0,0190
[7]	0,0255	[2.2 W]	0,0313
[8]	-0,0458	[2.2 E]	0,0168
[9]	0,0335	$RP_m$	0,0058
[10]	0,1838	$RP_{SMB}$	0,0181
[11]	0,0120	$RP_{HML}$	-0,0140
[12]	0,0229	$RP_{RMW}$	-0,0092

*Zdroj: vlastní zpracování*

### Odlehle hodnoty vstupních proměnných

Při aplikaci metody nejmenších čtverců je důležité data očistit o tzv. extrémní hodnoty, které by mohly mít za následek nepřesnost výsledků této metody. Pro každou závislou i nezávislou proměnnou, jenž vstupuje do modelů oceňování kapitálových aktiv byl stanoven dolní 0,05 % a horní 99,95 % kvantil. Hodnoty, které přesahovaly stanovený kvantil byly položeny rovnu hodnotě dolního či horního kvantilu. Přehled dolních a horních kvantilů za jednotlivé vstupní závislé proměnné (rizikové prémie akcií jednotlivých společností) je zachycen v tab. 3.3 a za vstupní nezávislé proměnné (rizikové prémie jednotlivých faktorů z modelů oceňování kapitálových aktiv) v tab. 3.4.

Tab. 3.3 Přehled hodnot dolních a horních kvantilů (v %) za jednotlivé vstupní závislé proměnné

Kvantil	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]
0,05 %	-10,07	-6,72	-24,49	-7,89	-8,71	-6,11	-8,69	-4,56	-16,49	-5,11	-27,87	-5,38
99,95 %	7,39	4,47	18,08	4,39	5,25	5,17	4,11	6,10	12,08	7,93	10,33	8,34

*Zdroj: vlastní zpracování*

Hodnoty dolního a horního kvantilu závislých proměnných v případě, kdy jsou závislé proměnné představovány rizikovými prémie portfolio jsou uvedeny v příloze č. 1.

Tab. 3.4 Přehled dolních a horních kvantilů (v %) za jednotlivé vstupní nezávislé proměnné

Kvantil	$RP_m$	$RP_{SMB}$	$RP_{HML}$	$RP_{RMW}$
0,05 %	-3,95	-9,45	-6,20	-7,08
99,95 %	3,43	6,33	5,35	4,87

*Zdroj: vlastní zpracování*

Hodnoty dolního a horního kvantilu nezávislých proměnných v případě menšího počtu pozorování jsou uvedeny v příloze č. 2.

## Rozptyl vstupních proměnných

Pomocí rozptylu můžeme zjistit, jak moc jsou hodnoty vstupních proměnných rozptýleny. Čím méně jsou hodnoty vstupních proměnných rozptýleny, tím přesnější bude v případě lineární regrese provedena aproximace přímkou. Přehled rozptylů proměnných vstupujících do výpočtů je znázorněn v tab. 3.5.

Tab. 3.5 Přehled rozptylu proměnných (v %) vstupujících do výpočtů

Proměnná	Rozptyl	Proměnná	Rozptyl
[1]	1,78	[1.1 W]	1,35
[2]	1,35	[1.1 E]	1,25
[3]	2,53	[1.2 W]	0,97
[4]	1,00	[1.2 E]	1,12
[5]	1,31	[2.1 W]	1,35
[6]	1,30	[2.1 E]	1,25
[7]	1,09	[2.2 W]	1,01
[8]	1,04	[2.2 E]	0,85
[9]	1,71	$RP_m$	0,79
[10]	1,71	$RP_{SMB}$	1,19
[11]	1,97	$RP_{HML}$	1,16
[12]	1,07	$RP_{RMW}$	1,19

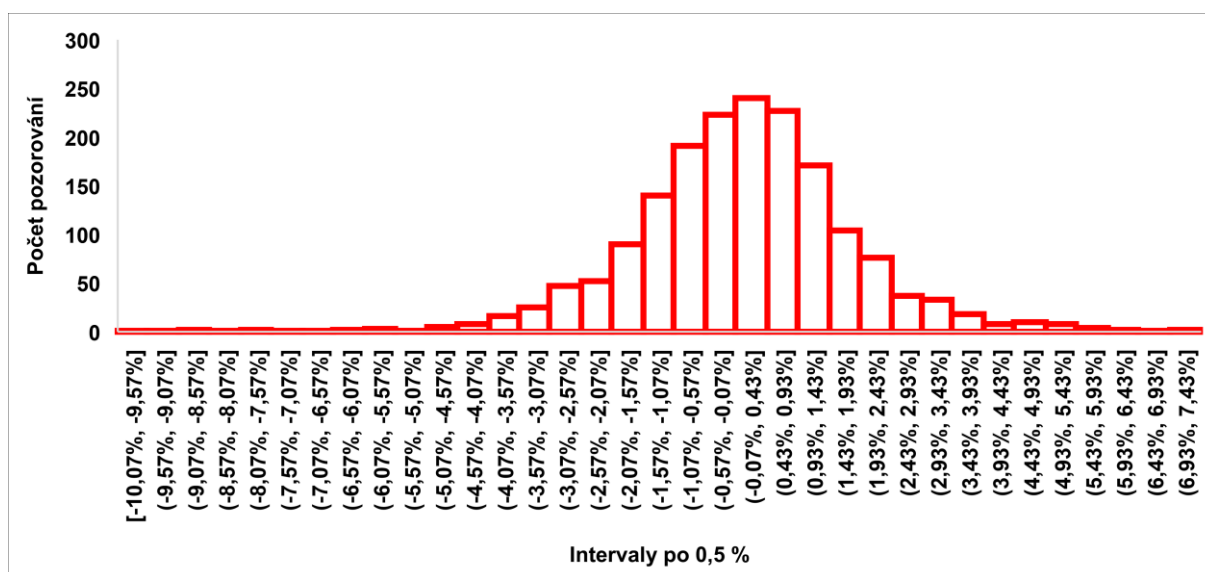
Zdroj: vlastní zpracování

Přehled rozptylu závislých proměnných v případě menšího počtu pozorování je uveden v příloze č. 3.

## Rozdělení pravděpodobností vstupních proměnných

Pro aplikaci metody nejmenších čtverců a přesnost modelů oceňování kapitálových aktiv je důležité, aby vstupní data pocházela z normálního rozdělení. Pro příklad je na obr. 3.5 znázorněno rozdělení pravděpodobnosti rizikové premie akcií společnosti Erste Group Bank AG pomocí histogramu. Rozdělení pravděpodobnosti dalších závislých i nezávislých proměnných budou uvedeny v příloze č. 4.

Obr. 3.5 Rozdělení pravděpodobnosti rizikové premie akcií společnosti Erste Group Bank AG



Zdroj: vlastní zpracování

Z obr. 3.5 můžeme vidět, že rizikové premie akcií společnosti Erste Group Bank AG pochází z normálního rozdělení. Histogram je složen z 1 750 pozorování a intervaly jsou stanoveny po 0,5 %.



## 4 Aplikace vícefaktorových modelů oceňování aktiv na českém kapitálovém trhu

Tato kapitola bude rozdělena do tří částí. V první části budou popsány faktory vstupující do odhadů výnosů pomocí modelů oceňování kapitálových aktiv. Faktory budou vypočteny z kurzu akcií společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB. V druhé části budou modely statisticky verifikovány. Budou vypočteny a okomentovány korelační vztahy mezi závislými a nezávislými proměnnými. Dále budou pomocí lineárních regresí odhadnuty beta koeficienty pro akcie jednotlivých firem a portfolií. Budou popsány ukazatele lineárních regresí a zhodnocena statistická přesnost s jakou jsme pomocí modelu schopni vysvětlit závislou proměnnou tedy rizikovou prémie dané akcie či portfolia pomocí nezávislých proměnných tedy jednotlivých faktorů. V poslední části budou pomocí modelu odhadnuty výnosy akcií jednotlivých společností a portfolií za rok 2019 a následně porovnány se skutečnými hodnotami. Bude posouzeno pomoci, kterého modelu byly výnosy nejpřesněji odhadnuty a provedeno celkové zhodnocení vhodnosti využití testovaných modelů oceňování kapitálových aktiv.

### 4.1 Popis a výpočet jednotlivých faktorů modelů oceňování kapitálových aktiv

Na český kapitálový trh budou aplikovány čtyři modely oceňování kapitálových aktiv. Celosvětově nejpoužívanější model CAPM a jeho rozšířené varianty dvou, tří a čtyř faktorový model Fama-French. Pro aplikaci modelů bude napřed potřeba vypočítat jednotlivé faktory, které jsou představovány těmito rizikovými premii:

- $RP_m$  - tržní premie za riziko,
- $RP_{SMB}$  - riziková premie vypočtená jako rozdíl mezi výnosy z portfolií s malou a velkou tržní kapitalizací,
- $RP_{HML}$  - riziková premie vypočtena jako rozdíl mezi výnosy z portfolií s vysokým a nízkým poměrem účetní hodnoty společnosti k hodnotě tržní.
- $RP_{RMW}$  - riziková premie vypočtena jako rozdíl mezi výnosy z portfolií s vysokou a nízkou provozní rentabilitou vlastního kapitálu.

#### Metodika tvorby portfolií pro výpočet rizikových premií

Před samotným sestavením jednotlivých faktorů, užitých při aplikaci modelů oceňování kapitálových aktiv si přiblížíme metodiku tvorby portfolií, která jsou východiskem pro sestavení faktorů samotných. Metod, jakými lze sestavit portfolia byla teoreticky sepsána i

prakticky testována celá řada. Například metoda, kterou použil *Jaromír Antoch a kol. (2019)*, kdy byly ke složení portfolií využity pouze akcie společností z horního a dolního decilu. V podmínkách českého kapitálového trhu není vhodné takovou metodu použít, vzhledem k tomu, že po selekci některých společností z důvodů zmíněných v podkapitole 3.1.3 nám k výpočtům z původních 19 společností zbylo pouze 12. V takovém případě, kdy máme k dispozici pouze akcie 12 společností, by nebyla vypovídající schopnost výsledku dosažených touto metodou dostatečná. S přihlédnutím k omezenému počtu společností je vhodnější pro sestavování portfolií rozdělit akcie společností dle mediánu na dvě poloviny po 6.

Dále je třeba zvolit, v jakém poměru budou akcie společností již rozděleny na poloviny v portfoliu zastoupeny. V úvahu připadají dvě varianty, rovnoměrné zastoupení, nebo dle určitých vah. Váhy je v takovém případě vhodné stanovit podle tržní kapitalizace. Dále v praktické části bude zkoumána varianta, kdy jsou akcie v portfoliu zastoupeny dle vah stanovených podle tržní kapitalizace. Nevýhodou metody, kdy jsou váhy určeny podle tržní kapitalizace, s kterou je třeba počítat je fakt, že výnosnost portfolia může být výrazně ovlivněna pouze akciemi jedné společnosti s velkou tržní kapitalizací a výnosnosti akcií firem s malou tržní kapitalizací mohou být upozaděny. Na druhou stranu je třeba si uvědomit, že Index PX-GLOB, kterým je v této práci reprezentován trh je také založen na metodě vah i když s jistými limity.

### **Riziková prémie $RP_m$**

Tržní riziková prémie byla vypočtena jako rozdíl mezi výnosy indexu PX-GLOB a bezrizikovou úrokovou sazbou, v našem případě denní referenční úrokovou sazbou PRIBOR. Průměrná hodnota rizikové premie  $RP_m$  za sledované období je uvedena na konci podkapitoly v tab. 4.8.

### **Riziková prémie $RP_{SMB}$**

K výpočtu této rizikové premie bylo třeba vytvořit dvě portfolia. Jedno portfolio složené z akcií firem s malou tržní kapitalizací a druhé z akcií firem s velkou tržní kapitalizací. Rozdělení akcií společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB do portfolií dle tržní kapitalizace je znázorněno v tab. 4.1. a 4.2.

Tab. 4.1 Složení portfolia z akcií firem s malou tržní kapitalizací k 30.12.2019

Společnost	Tržní kapitalizace v mil. Kč	Výnos od 3.1.2013 (v %)
MONETA Money Bank, a.s.	39 347	11,70
Philip Morris ČR, a.s.	26 932	15,25
Central European Media Enterprise Ltd.	24 971	22,39
Stock spirits Group	13 012	6,66
Kofola ČeskoSlovensko, a.s.	6 582	-5,31
PFNonwovens, a.s.	6 502	6,47
<b>Celkem</b>	<b>117 346</b>	<b>57,16</b>

*Zdroj: vlastní zpracování*

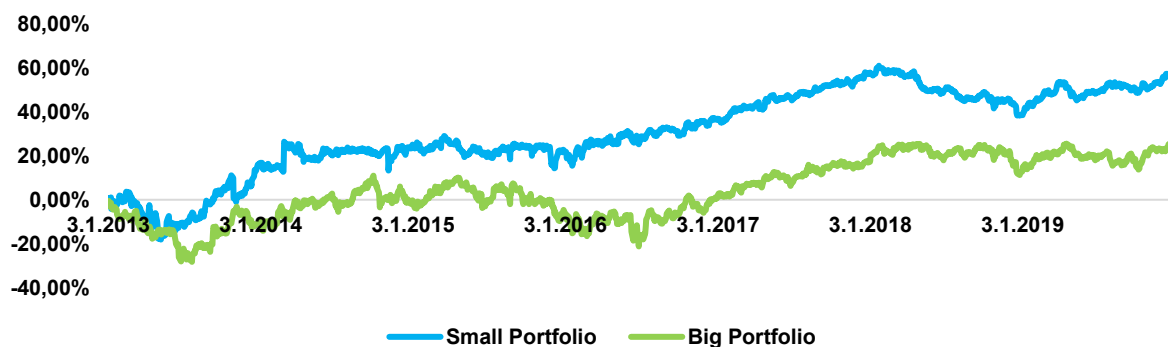
Tab. 4.2 Složení portfolia z akcií firem s velkou tržní kapitalizací k 30.12.2019

Společnost	Tržní kapitalizace v mil. Kč	Výnos od 3.1.2013 (v %)
Erste Group Bank AG	354 103	17,94
ČEZ, a.s.	284 855	-11,56
Komerční banka, a.s.	164 052	8,49
Avast Software s.r.o.	101 914	7,89
Vienna Insurance Group	76 028	-0,96
O2 Czech Republic, a.s.	71 909	3,61
<b>Celkem</b>	<b>1 052 861</b>	<b>25,41</b>

*Zdroj: vlastní zpracování*

Z tab. 4.1 a 4.2 vyplývá, že portfoliem složeným z akcií společností s malou tržní kapitalizací je dosahováno za sledované období vyšších výnosů než portfoliem složeným z akcií společností s nízkou tržní kapitalizací. Toto koresponduje s výsledkem studie *Fama-French (1992)*. Lze tedy tvrdit, že stejně, jako na trhu americkém, tak i na trhu českém, pokud bude investor investovat do portfolia složeného z akcií firem s malou tržní kapitalizací, tak bude dosahovat vyšších výnosů. Graficky je vývoj výnosů portfolií s malou a velkou tržní kapitalizací za sledované období zachycen na obr. 4.1 a průměrná hodnota rizikové premie  $RP_{SMB}$  za sledované období je uvedena na konci podkapitoly v tab. 4.8.

Obr. 4.1 Vývoj výnosů portfolií složených z akcií společností s malou a velkou tržní kapitalizací od 3.1.2013 do 30.12.2019



*Zdroj: vlastní zpracování*

Při interpretaci výsledků je však třeba brát ohled na kontext a prostor, ve kterém se pohybujeme. Podíváme-li se na americký kapitálový trh, tak zjistíme, že jsou zde obchodovány akcie velkého množství společností. Jenom na New York Stock Exchange jsou obchodovány akcie více než 2 800 společností od těch nejmenších až po ty největší. Jak již bylo dříve zmíněno, tak na Pražské burze cenných papírů Praha v rámci největšího indexu PX-GLOB jsou obchodovány akcie pouze 19 společností. Pokud se podíváme podrobněji na společnost s nejmenší tržní kapitalizací PFNonwovens, a.s., tak zjistíme, že tržní kapitalizace této firmy je 6 502 mil. Kč. Čili v kontextu České republiky nelze považovat společnost s takovou tržní kapitalizací za společnost, které by měla být automaticky přisuzována větší rizikovost, protože je v teorii uvedeno, že firmy s nižší tržní kapitalizací jsou rizikovější. Společnost PFNonwovens, a.s. je velká společnost s dlouholetou tradicí s jejíž akciemi je na burze obchodováno od roku 2006. Je vsutku pravdou, že portfoliem složeným z akcií firem s nízkou tržní kapitalizací je dosahováno vyšších výnosů, tato skutečnost může být však pouze náhodou a nemusí mít souvislost s příčinami, ke kterým došli pánové *Fama-French (1992)* při studii amerického kapitálového trhu.

#### **Riziková prémie $RP_{HML}$**

K výpočtu této rizikové premie bylo třeba vytvořit dvě portfolia. Jedno portfolio z akcií společností s vysokým poměrem účetní vůči tržní hodnotě společnosti a druhé portfolio z akcií společností s nízkým poměrem účetní vůči tržní hodnotě společnosti. Rozdělení akcií společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB do portfolií dle poměru účetní vůči tržní hodnotě společnosti je znázorněn v tab. 4.3 a 4.4.

Tab. 4.3 Složení portfolia z akcií společností s vysokým podílem účetní vůči tržní hodnotě společnosti k 30.12.2019

Společnost	Tržní kapitalizace v mil. Kč	Výnos od 3.1.2013 (v %)
Erste Group Bank AG	354 103	31,53
Vienna Insurance Group	76 028	-3,25
ČEZ, a.s.	284 855	-5,68
Stock spirits Group	13 012	1,00
PFNonwovens, a.s.	6 502	0,44
MONETA Money Bank, a.s.	39 347	1,89
<b>Celkem</b>	<b>773 847</b>	<b>25,92</b>

*Zdroj: vlastní zpracování*

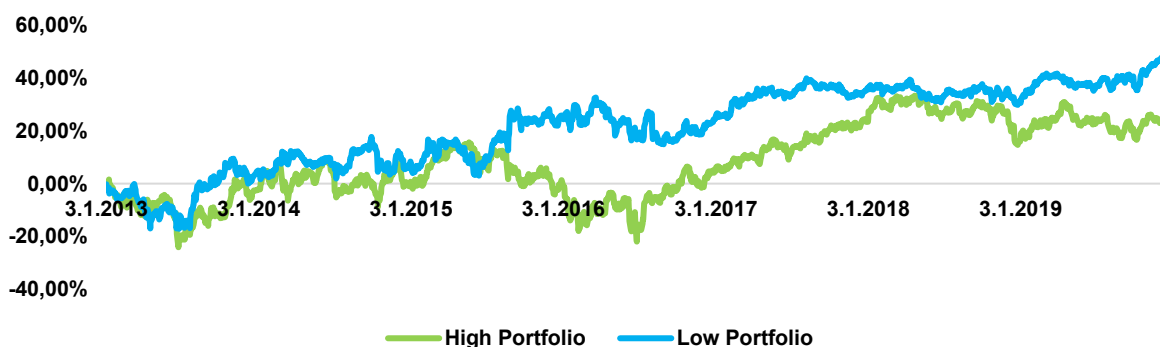
Tab. 4.4 Složení portfolia z akcií společností s nízkým podílem účetní vůči tržní hodnotě společnosti k 30.12.2019

Společnost	Tržní kapitalizace v mld. Kč	Výnos od 3.1.2013 (v %)
Komerční banka, a.s.	164 052	13,29
Philip Morris ČR, a.s.	26 932	4,06
Central European Media Enterprise Ltd.	24 971	6,01
Kofola ČeskoSlovensko, a.s.	6 582	-1,25
O2 Czech Republic, a.s.	71 909	7,33
Avast Software s.r.o.	101 914	21,04
<b>Celkem</b>	<b>396 360</b>	<b>50,48</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Při porovnání výnosů portfolií z tab. 4.3 a 4.4 je zřejmé, že portfoliem složeným z akcií společností s nízkým podílem účetní vůči tržní hodnotě společnosti bylo dosahováno vyššího výnosu. Toto zjištění je v rozporu se zjištěním ze studie *Fama-French (1992)* amerického kapitálového trhu. *Dle Fama-French (1992) by mělo platit, že portfoliem složeným z akcií společností s vysokým podílem účetní vůči tržní hodnotě společnosti, by mělo být z dlouhodobé hlediska dosahováno vyšší výnosnosti než portfoliem složeným z akcií společností s nízkým poměrem účetní vůči tržní hodnotě společnosti.* Můžeme tedy prohlásit, že na rozdíl od prvního faktoru  $RP_{SMB}$ , jehož teoretický základ pro vznik odpovídal i situaci na českém kapitálovém trhu, tak v případě druhého faktoru  $RP_{HML}$  nebyla potvrzena platnost teoretického základu v podmínkách českého kapitálového trhu. Graficky je vývoj výnosů portfolií složených z akcií společností s vysokým a nízkým podílem účetní hodnoty vůči tržní hodnotě společnosti za sledované období zachycen na obr. 4.2. a průměrná hodnota rizikové premie  $RP_{HML}$  za sledované období je uvedena na konci podkapitoly v tab. 4.8.

Obr. 4.2 Vývoj výnosů portfolií složených z akcií společností s vysokým a nízkým podílem účetní vůči tržní hodnotě společnosti od 3.1.2013 do 30.12.2019



Zdroj: vlastní zpracování

I u faktoru  $RP_{HML}$  je třeba porovnat podmínky českého a amerického kapitálového trhu. *Tvrzení Fama-French (1992), že portfoliem složeným z akcií společností s vysokým poměrem*

účetní vůči tržní hodnotě společnosti je dosahováno vyšších výnosů než portfoliem složeným z akcií společností s nízkým poměrem účetní vůči tržní hodnotě společnosti, vycházelo z dat amerického kapitálového trhu již od roku 1926. Za český kapitálový trh kurzy akcií z tak dávné historie nejsou k dispozici, jelikož obchodování na českém kapitálovém trhu bylo zahájeno až roku 1993. *Billy Duberstein (2020) tvrdí, že v posledním desetiletí od konce poslední světové finanční krize je růstovými akciemi dosahováno vyšších výnosů než hodnotovými akciemi.* Toto tvrzení by odpovídalo i výsledkům z českého kapitálového trhu, kdy do výpočtu byly zahrnuty denní kurzy akcií od 3.1.2013 do 30.12.2019 tedy období po konci poslední světové finanční krize až po současnost.

### Riziková prémie $RP_{RBW}$

K výpočtu této rizikové premie bylo třeba vytvořit dvě portfolia. Jedno portfolio z akcií společností s robustní provozní rentabilitou vlastního kapitálu a druhé portfolio z akcií společností se slabou provozní rentabilitou vlastního kapitálu. Rozdělení akcií společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB do portfolií dle provozní rentability vlastního kapitálu za sledované období je znázorněno v tab. 4.5 a 4.6.

Tab. 4.5 Složení portfolia z akcií společností s robustní rentabilitou vlastního kapitálu od 3.1.2013 do 30.12.2019

Společnost	Tržní kapitalizace v mld. Kč	Výnos od 3.1.2013 (v %)
Central European Media Enterprise Ltd.	24 971	4,20
ČEZ, a.s.	284 855	-22,50
Philip Morris ČR, a.s.	26 932	2,49
O2 Czech Republic, a.s.	71 909	4,92
MONETA Money Bank, a.s.	39 347	1,83
Erste Group Bank AG	354 103	21,53
<b>Celkem</b>	<b>802 117</b>	<b>12,46</b>

*Zdroj: vlastní zpracování*

Tab. 4.6 Složení portfolia z akcií společností se slabou rentabilitou vlastního kapitálu od 3.1.2013 do 30.12.2019

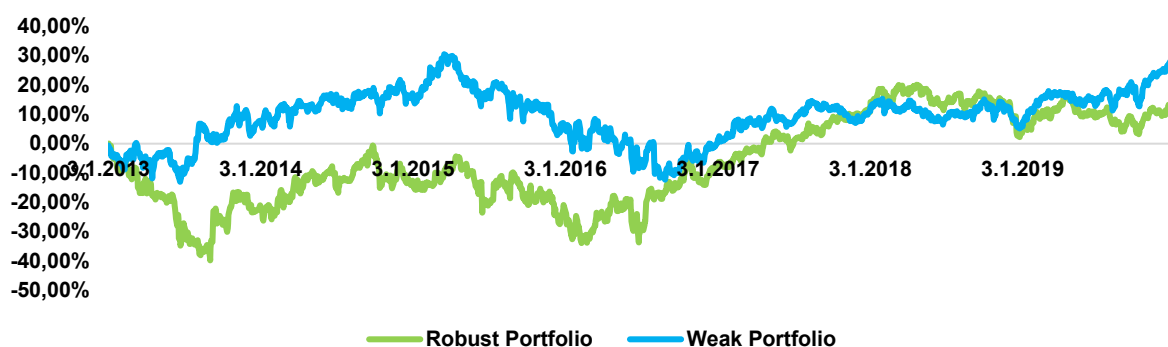
Společnost	Tržní kapitalizace v mld. Kč	Výnos od 3.1.2013 (v %)
Kofola ČeskoSlovensko, a.s.	6 582	-0,63
Vienna Insurance Group	76 028	-6,77
Komerční banka, a.s.	164 052	10,47
Avast Software s.r.o.	101 914	22,62
PFNonwovens, a.s.	6 502	0,36
Stock spirits Group	13 012	2,51
<b>Celkem</b>	<b>368 090</b>	<b>28,58</b>

*Zdroj: vlastní zpracování*

Z tab. 4.5 a 4.6 lze konstatovat, že portfoliem složeným z akcií firem se slabou provozní rentabilitou vlastního kapitálu bylo dosahováno vyšších výnosů než u portfolia složeného

s robustní rentabilitou vlastního kapitálu. U třetího faktoru  $RP_{RBW}$  nebyla stejně, jako u druhého faktoru  $RP_{HML}$  prokázána pravdivost teoretického základu pro vznik tohoto faktoru. Graficky je vývoj výnosů portfolií s robustní a slabou provozní rentabilitou vlastního kapitálu za sledované období zachycen na obr. 4.3 a průměrná hodnota rizikové premie  $RP_{RMW}$  za sledované období je uvedena na konci podkapitoly v tab. 4.8.

Obr. 4.3 Vývoj výnosů portfolií složených z akcií společností s robustní a slabou rentabilitou vlastního kapitálu od 3.1.2013 do 30.12.2019



*Zdroj: vlastní zpracování*

Také u faktoru  $RP_{RMW}$  se podrobněji podíváme na specifika českého kapitálového trhu. Akcie všech 12 společností se kterými uvažujeme při výpočtech byly rozděleny do dvou portfolií dle provozní rentability vlastního kapitálu. Abychom se drželi teoretického východiska pro tento faktor, tak bylo z akcií 6 společností s vyšší provozní rentabilitou vlastního kapitálu vytvořeno portfolio s názvem Robust a z akcií 6 společností s nižší provozní rentabilitou vlastního kapitálu bylo vytvořeno portfolio s názvem Weak. Jak si můžeme všimnout z tab. 4.7, kde je pro ilustraci uvedena provozní rentabilita vlastního kapitálu za jednotlivé společnosti vypočtená z dat zveřejněných ve výročních zprávách za rok 2018, tak nelze hovořit o tom, že by bylo některou z 12 společností dosahováno slabé provozní rentability vlastního kapitálu. Na českém kapitálovém trhu jsou zpravidla obchodovány akcie velkých a stabilních společností. Z tohoto důvodu není využití faktoru  $RP_{RMW}$  v podmínkách českého kapitálového trhu natolik opodstatněné, jako tomu může být v podmínkách amerického kapitálového trhu. Provozní rentabilita vlastního kapitálu uvedená v tab. 4.7 byla vypočtena dle vzorce (2.9).

Tab. 4.7 Přehled provozní rentability vlastního kapitálu společností, z jejichž akcií byla sestavena portfolia Robust a Weak

Společnost		Provozní rentabilita vlastního kapitálu (v %)	Společnost		Provozní rentabilita vlastního kapitálu (v %)
Robust	Central Europen Media Enterprise Ltd.	77,29	Weak	Kofola ČeskoSlovensko, a.s.	34,98
	ČEZ, a.s.	77,00		Vienna Insurance Group	32,89
	Philip Morris ČR, a.s.	48,88		Komerční banka, a.s.	31,17
	O2 Czech Republic, a.s.	46,68		Avast Software s.r.o.	26,99
	MONETA Money Bank, a.s.	40,26		PFNonwovens, a.s.	17,68
	Erste Group Bank AG	36,65		Stock spirits Group	7,90
Průměr		54,46	Průměr		25,27

*Zdroj: vlastní zpracování*

Tab. 4.8 Přehled průměrných rizikových premií v modelech oceňování kapitálových aktiv od 3.1.2013 do 30.12.2019

Riziková premie	Denní průměr (v %)	Roční průměr (v %)	Směrodatná odchylka (v %)
$RP_m$	0,0058	1,45	0,79
$RP_{SMB}$	0,0181	4,54	1,19
$RP_{HML}$	-0,0140	-3,51	1,16
$RP_{RMW}$	-0,0092	-2,30	1,19

*Zdroj: vlastní zpracování*

## 4.2 Statistická verifikace modelů oceňování kapitálový

V této podkapitola budou statisticky verifikovány modely oceňování kapitálových aktiv na rizikových premiích akcií jednotlivých společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB. Rizikové premie akcií jednotlivých společností budu v celé podkapitole 4.2 a 4.3 značeny čísla a to následovně:

- [1] Erste Group Bank AG,
- [2] Vienna Insurance Group,
- [3] Central Europen Media Enterprise Ltd.,
- [4] Philip Morris ČR, a.s.,
- [5] ČEZ, a.s.,
- [6] Komerční Banka, a.s.,
- [7] MONETA Money Bank, a.s.,
- [8] Kofola ČeskoSlovensko, a.s.,
- [9] O2 Czech Republic, a.s.,
- [10] Avast Software s.r.o.,
- [11] Stock Spirits Group,
- [12] PFNonwovens, a.s.



#### 4.2.1 Korelační vztah mezi závislou proměnnou a nezávislými proměnnými

Před samotným odhadováním beta koeficientů pro jednotlivé faktory, které jsou součástí modelů oceňování kapitálových aktiv je vhodné nejdříve prověřit korelační vztah mezi závislými proměnnými  $Y_i$  a nezávislými proměnnými  $X_j$ . Závislé proměnné  $Y_i$  jsou představovány denními rizikovými premii akcií jednotlivých společností. Nezávislé proměnné jsou představovány denními rizikovými premii vztaženými k příslušným faktorům, které jsou zastoupeny v modelech oceňování kapitálových aktiv. Přehled těchto korelačních vztahů je uveden v tab. 4.9. Neméně důležité je ověřit vzájemný korelační vztah mezi nezávislými proměnnými  $X_j$ . Přehled těchto korelačních vztahů je uveden v tab. 4.10.

Tab. 4.9 Přehled korelačních vztahů mezi závislými proměnnými  $Y_i$  a nezávislými proměnnými  $X_j$

$Y_i$	$RP_m$	$RP_{SMB}$	Abs. ( $RP_{SMB}$ )	$RP_{HML}$	Abs. ( $RP_{HML}$ )	$RP_{RMW}$	Abs. ( $RP_{RMW}$ )
[1]	0,7475	-0,2698	0,2698	0,5624	0,5624	0,0504	0,0504
[2]	0,5850	-0,1610	0,1610	0,3511	0,3511	-0,2314	0,2314
[3]	0,2794	0,3837	0,3837	-0,0436	0,0436	0,0111	0,0111
[4]	0,1862	0,2521	0,2521	-0,0534	0,0534	-0,0105	0,0105
[5]	0,5659	-0,4917	0,4917	0,3660	0,3660	0,5175	0,5175
[6]	0,6207	-0,3059	0,3059	-0,3774	0,3774	-0,4576	0,4576
[7]	0,3760	0,2404	0,2404	0,0767	0,0767	0,0524	0,0524
[8]	0,1350	0,0559	0,0559	0,0136	0,0136	-0,0204	0,0204
[9]	0,2929	-0,1787	0,1787	-0,2913	0,2913	0,1992	0,1992
[10]	0,4291	-0,2595	0,2595	-0,3508	0,3508	-0,4408	0,4408
[11]	0,1815	0,3434	0,3434	0,0723	0,0723	-0,0647	0,0647
[12]	0,1577	0,1007	0,1007	0,0400	0,0400	-0,0392	0,0392
Průměr	0,3798	-	0,2536	-	0,2165	-	0,1746

*Zdroj: vlastní zpracování*

Z tab. 4.9 je patrné, že v průměru z 37,98 % jsou rizikové premie akcií jednotlivých společností nejvíce korelovány s nezávislou proměnnou  $RP_m$ , kterou je představována tržní riziková premie. Nejsilnější korelační vztah byl zaznamenán s rizikovou premii akcií společnosti [1] 74,75 % naopak nejslabší s rizikovou premii akcií společnosti [8] 13,5 %. Značný vliv na sílu korelačního vztahu má tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností. Toto je logické, jelikož riziková premie trhu závisí na rizikových premiích akcií jednotlivých společností, které jsou na daném trhu obchodovány. Lze tedy tvrdit, že riziková premie akcií společností, jejichž tržní kapitalizace představuje například 30% hodnoty trhu bude více korelována s tržní rizikovou premii než riziková premie akcií společností, jejichž tržní kapitalizaci jsou představovány pouze 3% celkové hodnoty trhu. Dalším zajímavý zjištěním je fakt, že korelační vztah mezi rizikovou premii akcií všech společností a tržní premii je kladná. Zjednodušeně řečeno, pokud klesá tržní riziková premie, klesá i riziková premie akcií všech

společností na trhu, a naopak pokud roste tržní riziková prémie roste i riziková prémie akcií všech společností na trhu.

Další nezávislé proměnné  $RP_{SMB}$ ,  $RP_{HML}$  a  $RP_{RMW}$  jsou představovány rizikovými premii portfolií, která jsou podrobně popsána v podkapitole 4.1. Korelační vztah mezi těmito třemi rizikovými premii a rizikovými premii akcií jednotlivých společností nabývají slabého korelačního vztahu. Můžeme pozorovat kladné i záporné korelační vztahy. Pro větší přehlednost jsou v tab. 4.9 hodnoty korelačních vztahů vyjádřeny i v absolutní hodnotě a také je zde vyčíslen průměrný korelační vztah akcií všech společností za každou rizikovou premii.

Tab. 4.10 Přehled vzájemných korelačních vztahů mezi nezávislými proměnnými  $X_j$

$X_j$	$RP_m$	$RP_{SMB}$	$RP_{HML}$	$RP_{RMW}$
$RP_m$	1			
$RP_{SMB}$	-0,4049	1		
$RP_{HML}$	0,2652	-0,1830	1	
$RP_{RMW}$	-0,0012	-0,2593	0,4972	1

*Zdroj: vlastní zpracování*

V tabulce 4.10 můžeme vidět, že výše korelačního vztahu mezi jednotlivými nezávislými proměnnými  $X_j$  nenabývá větší hodnoty než 50 %. Hodnoty uvedené v tab. 4.10 byly vypočítány ze 1 750 pozorování, z toho důvodu se mohou při aplikaci modelů oceňování aktiv na akcie, u kterých byl k dispozici menší počet pozorování, hodnoty korelačních vztahů mezi nezávislými proměnnými odlišovat. Hodnoty korelačních vztahů mezi nezávislými proměnnými v případě menšího počtu pozorování jsou uvedeny v příloze č. 5.

Čím více se hodnota korelace blíží 1 či -1 tím více je reflektována hodnota nezávislé proměnné do hodnoty závislé proměnné. Na závěr je třeba podotknout, že nelze jednoznačně určit hranici od jaké hodnoty korelace je možné korelační vztah mezi proměnnými považovat za dostatečně silný a kdy už je korelační vztah příliš slabý.

#### 4.2.2 Odhad beta koeficientů pro jednotlivé společnosti

V této kapitole budou pomocí lineární regrese odhadnuty beta koeficienty  $\beta_{ji}$  pro každou z 12 společností jejichž akcie jsou obchodovány na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB. Regrese nebudou aplikovány pouze na rizikové prémie všech akcií, ale i za jednotlivé modely oceňování kapitálových aktiv. Napřed budou regrese aplikovány v rámci jednofaktorového modelu CAPM dále na dvou, tří a čtyř faktorových modelech Fama-French. Na základě podrobně popsaných výsledků jednotlivých regresí budou posouzeny vypovídající schopnosti jednotlivých modelů. Na konci podkapitoly pak budou výsledky shrnuty a bude

posouzena vhodnost použití modelu na akcie jednotlivých společností v rámci českého kapitálového trhu.

Napřed se podívám na výsledky lineárních regresí aplikovaných na rizikové prémie akcií všech 12 společností v rámci jednofaktorového modelu CAPM. Výsledky regresí jsou uvedeny v tab. 4.11.

Tab. 4.11 Přehled výsledků lineárních regresí za rizikové prémie akcií jednotlivých společností v rámci jednofaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv CAPM

$Y_i$	CAPM					Konstanta		$RP_m$	
	Koeficient korelace	Upravené $R^2$	Standardní chyba	Počet pozorování	Hodnota F	$\alpha$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P
[1]	0,7475	0,5586	0,0118	1 750	0,00	0,0002	0,41	1,6948	0,00
[2]	0,5850	0,3419	0,0110	1 750	0,00	-0,0002	0,40	1,0058	0,00
[3]	0,2794	0,0776	0,0243	1 750	0,00	0,0002	0,72	0,8992	0,00
[4]	0,1862	0,0341	0,0098	1 750	0,00	0,0002	0,40	0,2368	0,00
[5]	0,5659	0,3199	0,0108	1 750	0,00	-0,0002	0,50	0,9449	0,00
[6]	0,6207	0,3849	0,0102	1 750	0,00	0,0000	0,99	1,0273	0,00
[7]	0,3760	0,1404	0,0101	913	0,00	0,0001	0,83	0,6368	0,00
[8]	0,1350	0,0173	0,0103	1 019	0,00	-0,0005	0,13	0,1976	0,00
[9]	0,2929	0,0853	0,0164	1 750	0,00	0,0003	0,45	0,6373	0,00
[10]	0,4291	0,1821	0,0155	408	0,00	0,0019	0,01	1,2607	0,00
[11]	0,1815	0,0323	0,0194	1 544	0,00	0,0001	0,89	0,4606	0,00
[12]	0,1577	0,0243	0,0105	1 750	0,00	0,0002	0,39	0,2145	0,00
Průměr	37,98 %	11,97 %	1,33 %						

*Zdroj: vlastní zpracování*

V rámci jednofaktorového modelu CAPM je závislá proměnná  $Y_i$  vysvětlována pouze jednou nezávislou proměnou  $X_j$ . Cílem je tedy zjistit jaký vliv má tržní riziková prémie na rizikovou premii zkoumaných 12 akcií. Koeficient korelace byl pro jednu vysvětlující proměnou již popsán v předchozí podkapitole 4.2.1. Hodnotou upravené  $R^2$  je popsáno jaké procento nezávislé proměnné  $Y_i$  se nám podařilo vysvětlit modelem CAPM. Při aplikaci modelu CAPM na rizikové prémie akcií jednotlivých společností, bylo modelem v průměru vysvětleno jenom 11,97 % rizikové prémie testovaných akcií. Pouze v jednom případě u rizikové prémie akcií společnosti [1] bylo modelem vysvětleno více než 50 %. Standardní chyba udává míru rozptýlení pozorovaných hodnot okolo regresní přímky. Standardní chyba byla v průměru 1,33 %. Model CAPM lze považovat ve všech případech na hladině významnosti 5 % za statisticky významný, jelikož hodnota F je nižší než 0,05. Konstanta  $\alpha$  je ve všech případech statisticky nevýznamná, to poznáme tak, že hodnota P je větší než 0,05. Faktor  $RP_m$  lze pro rizikové prémie akcií všech společností dle hodnoty P považovat za statisticky významný, jelikož hodnota P je menší než 0,05.

Dále byly regrese aplikovány na rizikové prémie akcií všech 12 společností v rámci dvoufaktorového modelu FFM 2. Výsledky lineárních regresí jsou uvedeny v tab. 4.12.

Tab. 4.12 Přehled výsledků lineárních regresí za rizikové prémie akcií jednotlivých společností v rámci dvoufaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv FFM 2

FFM 2						Konstanta		$RP_m$		$RP_{SMB}$	
$Y_i$	Koeficient korelace	Upravené $R^2$	Standardní chyba	Počet pozorování	Hodnota F	$\alpha$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P
[1]	0,7484	0,5596	0,0118	1 750	0,00	0,0002	0,44	1,7308	0,00	0,0596	0,02
[2]	0,5909	0,3484	0,0109	1 750	0,00	-0,0002	0,36	1,0690	0,00	0,1045	0,00
[3]	0,6110	0,3726	0,0200	1 750	0,00	0,0000	0,93	1,6735	0,00	1,2802	0,00
[4]	0,4037	0,1620	0,0091	1 750	0,00	0,0001	0,54	0,4384	0,00	0,3334	0,00
[5]	0,6346	0,4021	0,0101	1 750	0,00	-0,0001	0,65	0,7325	0,00	-0,3510	0,00
[6]	0,6235	0,3881	0,0102	1 750	0,00	0,0000	0,95	0,9835	0,00	-0,0724	0,00
[7]	0,6800	0,4613	0,0080	913	0,00	-0,0001	0,79	1,3270	0,00	0,9189	0,00
[8]	0,2087	0,0417	0,0102	1 019	0,00	-0,0005	0,09	0,3556	0,00	0,2229	0,00
[9]	0,3002	0,0891	0,0163	1 750	0,00	0,0003	0,41	0,5739	0,00	-0,1047	0,00
[10]	0,4299	0,1807	0,0155	408	0,00	0,0019	0,01	1,2106	0,00	-0,0683	0,57
[11]	0,5078	0,2569	0,0170	1 544	0,00	0,0000	0,94	1,0610	0,00	0,9553	0,00
[12]	0,2394	0,0563	0,0104	1 750	0,00	0,0002	0,46	0,3232	0,00	0,1796	0,00
Průměr	49,82 %	27,66 %	1,25 %								

*Zdroj: vlastní zpracování*

Z tab. 4.12 můžeme pozorovat, že pokud je vzat v úvahu další faktor, tak průměrná síla korelačního vztahu mezi závislou a nezávislými proměnnými se zvýšila z 37,98 % na 49,82 %. Dvoufaktorovým modelem FFM 2 je závislá proměnná  $Y_i$  vysvětlována z 27,66 % v průměru o 15,69 % přesněji, než tomu bylo v případě jednofaktorového modelu CAPM. Standardní chyba poklesla na průměrnou hodnotu 1,25 %. Model FFM 2 je na hladině významnosti 5 % dle hodnoty F ve všech případech významný. Konstanta  $\alpha$  je dle hodnoty P ve všech případech statisticky nevýznamná. Faktor  $RP_m$  lze pro rizikové prémie akcií všech společností dle hodnoty P považovat za statisticky významný. Druhý faktor  $RP_{SMB}$ , který je v modelu FFM 2 navíc oproti modelu CAPM je také statisticky významný dle hodnoty P s výjimkou rizikové prémie akcií společnosti [10]. Příčinou nevýznamnosti faktoru  $RP_{SMB}$  pro rizikovou premii akcií společnosti [10], může být menší počet pozorování oproti rizikovým premiím akcií ostatních společností. Lze tedy konstatovat, že v případě rizikové prémie akcií společnosti [10] není využití dvoufaktorového modelu FFM 2 opodstatněné.

Jako další v pořadí byl pomocí lineárních regresí testován na rizikových premiích akciích všech 12 společností třífaktorový model oceňování kapitálových aktiv FFM 3. Výsledky lineárních regresí jsou uvedeny v tab. 4.13.

Tab. 4.13 Přehled výsledků lineárních regresí za rizikové prémie jednotlivých akcií v rámci třífaktrového modelu oceňování kapitálových aktiv FFM 3

FFM 3					
$Y_i$	Koeficient korelace	Upravené $R^2$	Standardní chyba	Počet pozorování	Hodnota F
[1]	0,8403	0,7056	0,0097	1 750	0,00
[2]	0,6275	0,3927	0,0105	1 750	0,00
[3]	0,6157	0,3780	0,0199	1 750	0,00
[4]	0,4108	0,1673	0,0091	1 750	0,00
[5]	0,6654	0,4418	0,0098	1 750	0,00
[6]	0,8444	0,7126	0,0070	1 750	0,00
[7]	0,6953	0,4818	0,0078	913	0,00
[8]	0,2087	0,0407	0,0102	1 019	0,00
[9]	0,4920	0,2407	0,0149	1 750	0,00
[10]	0,6970	0,4820	0,0123	408	0,00
[11]	0,5117	0,2604	0,0169	1 544	0,00
[12]	0,2398	0,0559	0,0104	1 750	0,00
Průměr	57,07 %	36,33 %	1,15 %		

$Y_i$	Konstanta		$RP_m$		$RP_{SMB}$		$RP_{HML}$	
	$\alpha$	Hodnota P	$\beta_{jt}$	Hodnota P	$\beta_{jt}$	Hodnota P	$\beta_{jt}$	Hodnota P
[1]	0,0003	0,18	1,5247	0,00	0,1142	0,00	0,6119	0,00
[2]	-0,0002	0,42	0,9826	0,00	0,1273	0,00	0,2563	0,00
[3]	-0,0001	0,89	1,7315	0,00	1,2649	0,00	-0,1721	0,00
[4]	0,0001	0,57	0,4614	0,00	0,3273	0,00	-0,0684	0,00
[5]	-0,0001	0,75	0,6531	0,00	-0,3300	0,00	0,2358	0,00
[6]	-0,0001	0,63	1,2078	0,00	-0,1318	0,00	-0,6656	0,00
[7]	-0,0001	0,81	1,3000	0,00	0,9991	0,00	0,1768	0,00
[8]	-0,0005	0,09	0,3557	0,00	0,2228	0,00	-0,0003	0,99
[9]	0,0002	0,51	0,7757	0,00	-0,1582	0,00	-0,5988	0,00
[10]	0,0013	0,03	1,3740	0,00	-0,6010	0,00	-1,1938	0,00
[11]	0,0000	0,96	1,0218	0,00	0,9660	0,00	0,1154	0,00
[12]	0,0002	0,46	0,3189	0,00	0,1807	0,00	0,0127	0,57

Zdroj: vlastní zpracování

Z výsledků regresí provedených v rámci třífaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv FFM 3 uvedených v tab. 4.13 můžeme vidět nárůst průměrné hodnoty korelačního vztahu mezi závislou proměnnou a nezávislými proměnnými oproti dvoufaktrovému modelu FFM 2 z 49,82 % na 57,07 %. Modelem FFM 3 je závislá proměnná  $Y_i$  vysvětlována v průměru z 36,33 %. Standardní chyba poklesla v průměru o jednu desetinu na 1,15 %. Model FFM3 je na hladině významnosti 5 % dle hodnoty F ve všech případech statisticky významný. Konstanta  $\alpha$  je dle hodnoty P ve všech případech statisticky nevýznamná. Faktor  $RP_m$  můžeme pro rizikové prémie akcií všech společností dle hodnoty P považovat za statisticky významný. I druhý faktor  $RP_{SMB}$  je pro rizikové prémie akcií všech společností dle hodnoty P statisticky významný. Třetí faktor  $RP_{HML}$ , který je v modelu FFM 3 navíc oproti předchozímu modelu FFM 2 je dle hodnoty P statisticky nevýznamný pro rizikové prémie akcií 2 z 12 testovaných společností. Konkrétně pro rizikovou prémii akcií společností [8] a [12]. To znamená, že využití třífaktorového modelu FFM 3 při odhadu rizikové prémie akcií společnosti [8] a [12] nemá ze statistické hlediska

opodstatnění. Zajímavostí je, že pro rizikovou prémii akcií společnosti [10] v rámci dvoufaktorového modelu FFM 2 nebyl faktor  $RP_{SMB}$  statisticky významný. V rámci třífaktorového modelu FFM 3 je však faktor  $RP_{SMB}$  pro rizikovou prémii akcií společnosti [10] již statisticky významný. Z tohoto zjištění by se dalo usuzovat, že přidáním dalšího faktoru do modelu může být nejen zpřesněna schopnost modelu vysvětlit závislou proměnou, ale zpřesněna i vysvětlující schopnost ostatních faktorů.

Posledním testovaným modelem je čtyřfaktorový model oceňování kapitálových aktiv FFM 4. Model byl opět aplikován na rizikové premie akcií všech 12 společností. Výsledky lineárních regresí jsou uvedeny v tab. 4.14.

Tab. 4.14 Přehled výsledků lineárních regresí za rizikové premie akcií jednotlivých společností v rámci čtyřfaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv FFM 4

FFM 4						Konstanta		
$Y_i$	Koeficient korelace	Upravené $R^2$	Standardní chyba	Počet pozorování	Hodnota F	$\alpha$	Hodnota P	
[1]	0,8544	0,7294	0,0093	1 750	0,00	0,0003	0,15	
[2]	0,7329	0,5360	0,0092	1 750	0,00	-0,0002	0,42	
[3]	0,6634	0,4388	0,0189	1 750	0,00	-0,0001	0,83	
[4]	0,4397	0,1915	0,0090	1 750	0,00	0,0001	0,59	
[5]	0,7821	0,6108	0,0082	1 750	0,00	-0,0001	0,60	
[6]	0,8764	0,7675	0,0063	1 750	0,00	-0,0001	0,67	
[7]	0,6955	0,4814	0,0078	913	0,00	-0,0001	0,81	
[8]	0,2087	0,0398	0,0102	1 019	0,00	-0,0005	0,09	
[9]	0,6694	0,4468	0,0127	1 750	0,00	0,0002	0,53	
[10]	0,7137	0,5045	0,0121	408	0,00	0,0013	0,04	
[11]	0,5127	0,2610	0,0169	1 544	0,00	0,0000	0,94	
[12]	0,2399	0,0554	0,0104	1 750	0,00	0,0002	0,46	
Průměr	61,57 %	42,19 %	1,09 %					
$Y_i$	$RP_m$		$RP_{SMB}$		$RP_{HML}$		$RP_{RMW}$	
	$\beta_{ji}$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P
[1]	1,4205	0,00	0,0388	0,07	0,7604	0,00	-0,2842	0,00
[2]	0,7891	0,00	-0,0128	0,55	0,5322	0,00	-0,5279	0,00
[3]	1,9680	0,00	1,4360	0,00	-0,5092	0,00	0,6448	0,00
[4]	0,5208	0,00	0,3703	0,00	-0,1530	0,00	0,1618	0,00
[5]	0,8571	0,00	-0,1823	0,00	-0,0550	0,01	0,5564	0,00
[6]	1,0924	0,00	-0,2153	0,00	-0,5010	0,00	-0,3148	0,00
[7]	1,2978	0,00	1,0012	0,00	0,1992	0,00	-0,0294	0,54
[8]	0,3549	0,00	0,2226	0,00	0,0017	0,97	-0,0029	0,95
[9]	1,0693	0,00	0,0543	0,07	-1,0174	0,00	0,8007	0,00
[10]	1,3150	0,00	-0,5584	0,00	-0,6868	0,00	-0,5969	0,00
[11]	1,0469	0,00	0,9832	0,00	0,0785	0,10	0,0694	0,15
[12]	0,3219	0,00	0,1829	0,00	0,0085	0,74	0,0079	0,76

Zdroj: vlastní zpracování

Z výsledků regresí v rámci čtyřfaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv FFM 4 uvedených v tab. 4.14 můžeme vyčíst, že průměrná hodnota korelačního vztahu mezi závislou proměnou a nezávislými proměnnými vrostla oproti modelu FFM 3 o 4,5 % na 61,57 %. Modelem FFM 4 je závislá proměnná  $Y_i$  vysvětlována v průměru ze 42,19 %. Standardní chyba

poklesla v průměru na 1,09 %. FFM 4 model je na hladině významnosti 5 % dle hodnoty F ve všech případech statisticky významný. Konstanta  $\alpha$  je dle hodnoty P ve všech případech statisticky nevýznamná. Faktor  $RP_m$  můžeme pro rizikové prémie akcií všech společností dle hodnoty P považovat za statisticky významný. Druhý faktor  $RP_{SMB}$  dle hodnoty P není statisticky významný pro rizikové prémie akcií společností [1], [2] a [9] a třetí faktor  $RP_{SMB}$  pro rizikové prémie akcií společností [8], [11] a [12]. Čtvrtý faktor  $RP_{RMW}$ , který je v modelu FFM 4 navíc oproti modelu FFM 3 je dle hodnoty P statisticky nevýznamný pro rizikové prémie akcií společností [7], [8], [11] a [12]. Čtyřfaktorovým modelem FFM 4 je celkově přesnější vysvětlována závislá proměnná  $Y_i$  i přes skutečnost, že pro rizikové prémie akcií některých společností vychází určité faktory jako statisticky nevýznamné.

### **Shrnutí výsledků lineárních regresí aplikovaných jednotlivě na rizikové prémie akcií všech 12 společností za 4 modely oceňování kapitálových aktiv**

Z výsledků jednotlivých lineárních regresí si můžeme všimnout, že schopnost jednotlivých modelů vysvětlit závislou proměnnou  $Y_i$  se zásadně liší. Rozdíly jsou patrné nejen mezi modely ale i v rámci výsledků jednoho modelu aplikovaného na rizikové prémie akcií různých společností. Vliv na přesnost, s jakou je modelem vysvětlována závislá proměnná měla především velikost tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností a celkový počet pozorování. Výchozím modelem byl jednofaktorový model CAMP, další modely tzv. vícefaktorové jsou od výchozího modelu CAPM odlišeny přidáním dalších faktorů. Je tedy vidět že přidáním každého dalšího faktoru k modelu CAMP byla zpřesněna schopnost daného modelu vysvětlit závislou proměnnou. To znamená že i pokud korelační vztah mezi závislou proměnnou a nezávislou proměnnou je spíše slabší, tak i přidáním slabě korelované nezávislé proměnné, může být pomocí modelu přesnější odhadnuta závislá proměnná. Z výsledků aplikace jednotlivých modelů na rizikové prémie akcií jednotlivých společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB, vychází čtyřfaktorový model FFM 4 ze statistického hlediska, jako nejpřesnější při srovnání s ostatními modely jenž, byly také aplikovány na rizikové prémie akcií jednotlivých společností. Nelze však jednoznačně tvrdit, že by bylo vhodné na daný model v praxi spoléhat. Při provádění statistického testování je žádoucí modely aplikovat na různé varianty závislých proměnných. V následující podkapitole budeme lineární regrese opět aplikovat v rámci všech 4 modelů. Změna bude spočívat v tom, že za závislou proměnnou nebudou dosazovány rizikové prémie akcií jednotlivých společností, ale rizikové prémie portfolií složených ze dvou a více akcií společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB.

### 4.2.3 Odhad beta koeficientů pro jednotlivá portfolia

V této podkapitole budou odhadnuty beta koeficienty  $\beta_{ji}$  pro jednotlivá portfolia, která budou složena z akcií společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB. Tato podkapitola bude oproti předchozí kapitole odlišena závislou proměnou  $Y_i$ , kterou se budeme pomocí jednotlivých modelů oceňování kapitálových aktiv pokoušet co nejpresněji vysvětlit. Za závislou proměnnou budou dosazovány rizikové prémie portfolií sestavených z akcií dvou a více společností. Při sestavování portfolií bude kladen důraz na to, aby společnosti z jejichž akcií budou portfolia sestavena měly nějaké společné znaky. Cílem je tedy do jednotlivých portfolií promítnout konkrétní investorskou strategii. Sestavování portfolií bude rozděleno na dvě části. Napřed budou sestaveny dvě portfolia, obě budou složena z akcií dvou společností. Následně budou tato portfolia rozšířena o akcie další společnosti. To znamená že budeme mít 2 nová portfolia složená z akcií třech společností.

První portfolio bude složené z akcií dvou bank s velkou tržní kapitalizací, konkrétně bude portfolio složeno z akcií společností Erste Group Bank AG a Komerční Banka, a.s. Testovat budeme dvě varianty. Tyto varianty budou odlišeny tím, zda budou akcie společností zastoupeny v portfoliu ve stejném poměru, či zda bude portfolio sestaveno dle vah stanovených podle tržní kapitalizace. Portfolio složené z akcií dvou bank dle vah stanovených podle tržní kapitalizace bude v této podkapitole dále označováno jako [1.1 W] a portfolio složené z akcií ve stejném poměru bude značeno jako [1.1 E].

Druhé portfolio bude složené z akcií dvou společností s malou tržní kapitalizací, konkrétně ze společností Philip Morris ČR, a.s. (tabákové výrobky) a Stock Spirits Group (lihoviny). Opět budou testovány dvě varianty, které budou odlišeny způsobem složení portfolia. Zda bude portfolio složeno z akcií ve stejném poměru, nebo dle vah stanovených podle tržní kapitalizace. Portfolio složené dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií dvou společností bude v této kapitole dále označováno jako [1.2 W] a portfolio složené z akcií dvou společností ve stejném poměru bude značeno jako [1.2 E].

Třetí portfolio bude rozšířenou variantou portfolia prvního o akcie společnosti Vienna Insurance Group, také jde o společnost s velkou tržní kapitalizací působící ve finančním sektoru. Znovu budou vytvořeny dvě varianty dle způsobu složení portfolia. První varianta, kdy bude portfolio složeno dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií tří společností bude v této podkapitole dále označováno jako [2.1 W] a portfolio složené z akcií tří společností ve stejném poměru bude značeno jako [2.1 E].



Čtvrté portfolio bude rozšířenou variantou portfolia druhého o akcie společnosti PFNowovens, a.s. Akcie společnosti PFNowovens byly zvoleny, aby byla zachována původní myšlenka a to ta, že portfolio bude složeno z akcií společností s malou tržní kapitalizací. V jednom ohledu se však společnost, o jejíž akcie bude portfolio rozšířeno odlišuje a tím je obor ve kterém společnost působí. Počet společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu je značně omezen, a proto nebylo možné rozšířit portfolio o společnost s malou tržní kapitalizací jenž, by produkovala tabákové výrobky či lihoviny. Opět budou vytvořeny dvě varianty dle způsobu složení portfolia. V první variantě bude portfolio složeno dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií tří společností v této podkapitole značeno jako [2.2 W] a portfolio složeno z akcií tří společností ve stejném poměru bude značeno jako [2.2 E]. Napřed se podívám na výsledky lineárních regresí aplikovaných na rizikové prémie jednotlivých portfolií v rámci jednofaktorového modelu CAPM. Výsledky regresí za rizikové prémie jednotlivých portfolií jsou znázorněny v tab. 4.15.

Tab. 4.15 Přehled výsledků lineárních regresí za rizikové prémie jednotlivých portfolií v rámci jednofaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv CAPM

$Y_i$	CAPM					Konstanta		$RP_m$	
	Koeficient korelace	Upravené $R^2$	Standardní chyba	Počet pozorování	Hodnota F	$\alpha$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P
[1.1 W]	0,8466	0,7166	0,0072	1 750	0,00	0,0002	0,26	1,4512	0,00
[1.1 E]	0,8619	0,7427	0,0063	1 750	0,00	0,0001	0,44	1,3672	0,00
[1.2 W]	0,8466	0,7166	0,0072	1 750	0,00	0,0002	0,27	1,4505	0,00
[1.2 E]	0,8620	0,7429	0,0063	1 750	0,00	0,0001	0,46	1,3665	0,00
[2.1 W]	0,2640	0,0691	0,0063	1 544	0,00	0,0002	0,33	0,3307	0,00
[2.1 E]	0,2440	0,0589	0,0109	1 544	0,00	0,0001	0,61	0,3532	0,00
[2.2 W]	0,2852	0,0807	0,0097	1 544	0,00	0,0003	0,27	0,3707	0,00
[2.2 E]	0,2795	0,0775	0,0081	1 544	0,00	0,0001	0,52	0,3054	0,00

*Zdroj: vlastní zpracování*

Z výsledků uvedených v tab. 4.15 vyplývá, že jednofaktorový model CAMP je na hladině významnosti 5 % statisticky významný dle hodnoty F pro rizikové prémie všech portfolií. Standardní chyba nabývá nízkých hodnot od 0,63 % do 1,09 %. Konstanta  $\alpha$  je dle hodnoty P statisticky nevýznamná pro rizikové prémie všech portfolií. Rizikový faktor  $RP_m$  můžeme pro rizikové prémie všech portfolií dle hodnoty P považovat za statisticky významný.

Hodnota korelačního vztahu mezi závislou proměnnou  $Y_i$  a nezávislou proměnnou nabývá hodnoty kolem 85 % pro rizikové prémie portfolií [1.1], která jsou složena z akcií dvou společností a pro rizikové prémie portfolií [1.2], které jsou složena z akcií tří společností nabývá také hodnoty kolem 85 %. Jednofaktorovým modelem CAPM je závislá proměnná  $Y_i$  vysvětlována u portfolií [1.1 W] a [1.2 W] z 71,66 % a u portfolií [1.1 E] a [1.2 E] ze 74 %. To znamená, že modelem CAPM není v tomto případě přesněji vysvětlována závislá proměnná,

pokud je portfolio, jehož riziková premie je dosazována za závislou proměnnou rozšířeno o akcie další společnosti. Toto platí jak pro variantu, kdy je portfolio složeno dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností, tak i pro variantu, kdy je portfolio složeno z akcií jednotlivých společností ve stejném poměru. Dále bylo zjištěno že v případě portfolií [1.1] a [1.2] je jednofaktorovým modelem CAPM přesněji vysvětlována závislá proměnná, pokud je za ni dosazená riziková premie portfolií [1.1 E] a [1.2 E] složených z akcií jednotlivých společností zastoupených ve stejném poměru, než v případě rizikových premií portfolií [1.1 W] a [1.2 W] složených z akcií jednotlivých společností dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností.

U portfolií složených z akcií dvou společností s malou tržní kapitalizací [2.1] nabývá korelační vztah mezi závislou proměnnou  $Y_i$  a nezávislou proměnnou hodnoty okolo 25 % a pro portfolio složená z akcií tří společností s malou tržní kapitalizací [2.2] nabývá hodnoty kolem 28 %. Jednofaktorovým modelem CAPM je závislá proměnná  $Y_i$  vysvětlována u portfolií složených z akcií dvou společností s malou tržní kapitalizací z 6,91 % u portfolia [2.1 W] a z 5,89 % u portfolia [2.1 E], u portfolií složených z akcií tří společností s malou tržní kapitalizací z 8,07 % u portfolia [2.2 W] a z 7,75 % u portfolia [2.2 E]. I v případě portfolií [2.1] a [2.2] nemělo rozšíření portfolia o akcie třetí společnosti s malou tržní kapitalizací významnější vliv na přesnost modelu CAPM vysvětlit závislou proměnnou. Zajímavým zjištěním je fakt, že v případě portfolií [2.1] a [2.2] je přesněji modelem CAPM vysvětlována závislá proměnná u portfolií [2.1 W] a [2.2 W], která byla složena z akcií jednotlivých společností dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností. Je tomu tedy přesně naopak, než tomu bylo u portfolií [1.1] a [1.2].

Dále se podíváme na výsledky lineárních regresí aplikovaných na rizikové premie jednotlivých portfolií v rámci dvoufaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv FFM 2. Výsledky lineárních regresí za rizikové premie jednotlivých portfolií jsou znázorněny v tab. 4.16.

Tab. 4.16 Přehled výsledků lineárních regresí za rizikové prémie jednotlivých portfolií v rámci dvoufaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv FFM 2

$Y_i$	FFM 2					Konstanta		$RP_m$		$RP_{SMB}$	
	Koeficient korelace	Upravené $R^2$	Standardní chyba	Počet pozorování	Hodnota F	$\alpha$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P
[1.1 W]	0,8466	0,7164	0,0072	1 750	0,00	0,0002	0,26	1,4478	0,00	-0,0056	<b>0,72</b>
[1.1 E]	0,8619	0,7426	0,0063	1 750	0,00	0,0001	0,43	1,3627	0,00	-0,0074	<b>0,60</b>
[1.2 W]	0,8467	0,7165	0,0072	1 750	0,00	0,0002	0,26	1,4473	0,00	-0,0054	<b>0,73</b>
[1.2 E]	0,8620	0,7428	0,0063	1 750	0,00	0,0001	0,46	1,3624	0,00	-0,0067	<b>0,63</b>
[2.1 W]	0,6296	0,3956	0,0076	1 544	0,00	0,0002	0,38	0,6862	0,00	0,5659	0,00
[2.1 E]	0,6143	0,3766	0,0089	1 544	0,00	0,0001	0,76	0,7584	0,00	0,6451	0,00
[2.2 W]	0,6576	0,4317	0,0076	1 544	0,00	0,0002	0,29	0,7531	0,00	0,6088	0,00
[2.2 E]	0,6460	0,4165	0,0065	1 544	0,00	0,0001	0,64	0,6214	0,00	0,5030	0,00

*Zdroj: vlastní zpracování*

Z výsledků uvedených v tab. 4.16 můžeme vidět, že přidání dalšího faktoru do modelu nemělo na výsledek u rizikových premií portfolií [1.1] a [1.2], která jsou složena z akcií firem s velkou tržní kapitalizací prakticky žádný vliv. Toto je potvrzeno i hodnotou P pro faktor  $RP_{SMB}$ , která nabývá větší hodnoty než 0,05 a proto je faktor  $RP_{SMB}$  pro rizikové prémie těchto portfolií statisticky nevýznamný.

Aplikací dvoufaktorového modelu FFM 2 na rizikové prémie portfolií [2.1] a [2.2] složených z akcií společností s malou tržní kapitalizací došlo k výraznému zlepšení přesnosti s jakou je modelem vysvětlována závislá proměnná  $Y_i$ , tak i síly korelačního vztahu v porovnání s výsledky jednofaktorového modelu CAMP. Hodnota korelačního vztahu mezi závislou proměnnou  $Y_i$  a nezávislými proměnnými je pro portfolia [2.1] kolem 62 % a pro portfolia [2.2] okolo 65 %. Dvoufaktorovým modelem FFM 2 je závislá proměnná  $Y_i$  vysvětlována z 39,56 % u portfolia [2.1 W], z 37,66 % u portfolia [2.1 E], z 43,17 % u portfolia [2.2 W] a z 41,65 % u portfolia [2.2 E]. Můžeme tedy tvrdit, že modelem FFM 2 je závislá proměnná  $Y_i$  vysvětlována pro portfolia [2.1] a [2.2] v průměru o více než 30 % přesněji ve srovnání s modelem CAPM.

Dalším modelem, který byl aplikován na rizikové prémie jednotlivých portfolií, je třífaktorový model oceňování kapitálových aktiv FFM 3. Výsledky lineárních regresí za rizikové prémie jednotlivých portfolií jsou uvedeny v tab. 4.17.

Tab. 4.17 Přehled výsledků lineárních regresí za rizikové prémie jednotlivých portfolií v rámci třífaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv FFM 3

FFM 3					
$Y_i$	Koeficient korelace	Upravené $R^2$	Standardní chyba	Počet pozorování	Hodnota F
[1.1 W]	0,8546	0,7299	0,0070	1 750	0,00
[1.1 E]	0,8623	0,7431	0,0063	1 750	0,00
[1.2 W]	0,8547	0,7300	0,0070	1 750	0,00
[1.2 E]	0,8624	0,7433	0,0063	1 750	0,00
[2.1 W]	0,6296	0,3952	0,0076	1 544	0,00
[2.1 E]	0,6147	0,3766	0,0089	1 544	0,00
[2.2 W]	0,6576	0,4314	0,0076	1 544	0,00
[2.2 E]	0,6466	0,4170	0,0065	1 544	0,00

$Y_i$	Konstanta		$RP_m$		$RP_{SMB}$		$RP_{HML}$	
	$\alpha$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P
[1.1 W]	0,0002	0,20	1,4001	0,00	0,0070	<b>0,66</b>	0,1414	0,00
[1.1 E]	0,0001	0,45	1,3724	0,00	-0,0100	<b>0,48</b>	-0,0288	0,03
[1.2 W]	0,0002	0,21	1,3997	0,00	0,0072	<b>0,65</b>	0,1412	0,00
[1.2 E]	0,0001	0,48	1,3722	0,00	-0,0093	<b>0,51</b>	-0,0291	0,03
[2.1 W]	0,0002	0,38	0,6866	0,00	0,5658	0,00	-0,0013	<b>0,94</b>
[2.1 E]	0,0001	0,75	0,7508	0,00	0,6474	0,00	0,0228	<b>0,27</b>
[2.2 W]	0,0002	0,29	0,7518	0,00	0,6092	0,00	0,0038	<b>0,83</b>
[2.2 E]	0,0001	0,63	0,6138	0,00	0,5053	0,00	0,0227	<b>0,14</b>

Zdroj: vlastní zpracování

Rozšířením dvoufaktorového modelu FFM 2 o další faktor  $RP_{HML}$  na třífaktorový model FFM 3 tentokrát nemělo téměř žádný vliv na výsledek u portfolií [2.1] a [2.2], která jsou složena z akcií firem s malou tržní kapitalizací. Tento fakt je potvrzen i hodnotou P pro faktor  $RP_{HML}$  která nabývá větší hodnoty než 0,05 a proto je pro rizikové prémie portfolií [2.1] a [2.2] tento faktor statisticky nevýznamný.

Pro rizikové prémie portfolií [1.1] a [1.2] zůstal faktor  $RP_{SMB}$  dle hodnoty P statisticky nevýznamný stejně jako tomu bylo v případě modelu FFM 2. Nově přidaný faktor v případě modelu FFM 3  $RP_{HML}$  je dle hodnoty pro rizikové prémie těchto portfolií statisticky významný. Zvláštností je, že i přes statistickou významnost nově přidaného faktoru  $RP_{HML}$ , nebylo dosaženo zlepšení v přesnosti, s jakou je modelem FFM 3 vysvětlována závislá proměnná  $Y_i$  v porovnání s výsledky dosahovanými v případě modelu FFM 2.

Posledním testovaným modelem je čtyřfaktorový model oceňování kapitálových aktiv FFM 4. Výsledky lineárních regresí za rizikové prémie jednotlivých portfolií jsou uvedeny v tab. 4.18.

Tab. 4.18 Přehled výsledků lineárních regresí za rizikové prémie jednotlivých portfolií v rámci čtyřfaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv FFM 4

FFM 4						Konstanta		
$Y_i$	Koeficient korelace	Upravené $R^2$	Standardní chyba	Počet pozorování	Hodnota F	$\alpha$	Hodnota P	
[1.1 W]	0,8791	0,7724	0,0064	1 750	0,00	0,0002	0,14	
[1.1 E]	0,8931	0,7973	0,0056	1 750	0,00	0,0001	0,34	
[1.2 W]	0,8734	0,7623	0,0066	1 750	0,00	0,0002	0,14	
[1.2 E]	0,8935	0,7979	0,0056	1 750	0,00	0,0001	0,36	
[2.1 W]	0,6456	0,4153	0,0074	1 544	0,00	0,0001	0,45	
[2.1 E]	0,6234	0,3870	0,0088	1 544	0,00	0,0000	0,83	
[2.2 W]	0,6713	0,4493	0,0075	1 544	0,00	0,0002	0,35	
[2.2 E]	0,6521	0,4238	0,0064	1 544	0,00	0,0001	0,69	
$Y_i$	$RP_m$		$RP_{SMB}$		$RP_{HML}$		$RP_{RMW}$	
	$\beta_{ji}$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P	$\beta_{ji}$	Hodnota P
[1.1 W]	1,2951	0,00	-0,0690	0,00	0,2912	0,00	-0,2865	0,00
[1.1 E]	1,2627	0,00	-0,0895	0,00	0,1277	0,00	-0,2994	0,00
[1.2 W]	1,3086	0,00	-0,1146	0,00	0,2794	0,00	-0,2625	0,00
[1.2 E]	1,2621	0,00	-0,0890	0,00	0,1279	0,00	-0,3004	0,00
[2.1 W]	0,7414	0,00	0,6032	0,00	-0,0827	0,00	0,1532	0,00
[2.1 E]	0,7967	0,00	0,6786	0,00	-0,0454	0,06	0,1282	0,00
[2.2 W]	0,8054	0,00	0,6457	0,00	-0,0759	0,00	0,1499	0,00
[2.2 E]	0,6420	0,00	0,5245	0,00	-0,0192	0,28	0,0788	0,00

Zdroj: vlastní zpracování

Z výsledků uvedených v tab. 4.18 můžeme vidět, že rozšířením třífaktorového modelu FFM 3 o faktor  $RP_{RMW}$  na čtyřfaktorový model FFM 4, došlo k mírnému zpřesnění, s jakou je modelem vysvětlována závislá proměnná  $Y_i$ . Hodnota korelačního vztahu mezi závislou proměnnou  $Y_i$  a nezávislými proměnnými nabývá hodnoty kolem 85 % pro portfolia [1.1] a [1.2], která jsou složena z akcií společností s velkou tržní kapitalizací. Čtyřfaktorovým modelem FFM 4 je závislá proměnná  $Y_i$  vysvětlována z 72,99 % u portfolia [1.1 W], z 74,31 % u portfolia [1.1 E], z 73 % u portfolia [1.2 W] a z 74,33 % u portfolia [1.2 E]. V průměru jde téměř o 5 % nárůst ve srovnání s třífaktorovým modelem FFM 3. Za dobrý výsledek můžeme považovat fakt, že pro rizikové prémie portfolií [1.1] a [1.2] jsou všechny faktory dle hodnoty P statisticky významné.

Hodnota korelačního vztahu mezi závislou proměnnou  $Y_i$  a vysvětlujícími proměnnými při aplikaci čtyřfaktorového modelu FFM 4 vrostla u portfolií [2.1] a [2.2] pouze nepatrně, tedy u portfolií, která jsou složena z akcií jednotlivých společností s malou tržní kapitalizací. Přesnost, s jakou jsme pomocí čtyřfaktorového modelu FFM 4 schopni vysvětlit závislou proměnnou  $Y_i$  také nepatrně vrostla u portfolia [2.1 W] z 41,53 %, u portfolia [2.1 E] z 38,7 %, u portfolia [2.2 W] z 44,93 % a u portfolia [2.2 E] z 42,38 %. Pro rizikové prémie portfolií [2.1 E] a [2.2 E] byl faktor  $RP_{HML}$  dle hodnoty P ze statistického hlediska nevýznamný.

## **Shrnutí výsledků lineárních regresí za rizikové prémie jednotlivých portfolií složených z akcií společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB za 4 modely oceňování kapitálových aktiv**

V této podkapitole bylo cílem otestovat přesnost modelů oceňování kapitálových aktiv, při vysvětlování závislé proměnné v případě, že jsou za závislou proměnnou dosazovány rizikové prémie portfolií sestavených z akcií společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB. Celkem bylo sestaveno 8 variant portfolií, která vychází ze dvou základních portfolií. Myšlenkou bylo sestavit portfolia tak, aby nebyla sestavena z akcií náhodných společností, ale aby vždy odpovídala nějaké investiční strategii.

Portfolia [1.1] a [1.2] byla sestavena z akcií společností působících ve finančním sektoru a patřící do skupiny společností s velkou tržní kapitalizací. Portfolia končící na W byla složena z akcií společností dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností. Naopak portfolia končící na E byla složena z akcií jednotlivých společností ve stejném poměru.

Testovány byly 4 modely, od jednofaktorového až po čtyřfaktorový model oceňování kapitálových aktiv. Každý přidaný faktor k výchozímu jednofaktorovému modelu CAPM nepatrně zpřesnil schopnost, s jakou jsme pomocí modelu vysvětlit závislou proměnnou. Nelze však tvrdit, že by rozdíl mezi jednofaktorovým modelem CAPM a čtyřfaktorovým modelem FFM 4 byl v tomto případě propastný. Pro portfolia [1.1] a [1.2] bylo také zjištěno, že modely jsou o pár procent přesnější, pokud jsou portfolia sestavena z akcií jednotlivých společností ve stejném poměru. Závislá proměnná u těchto portfolií byla modely vysvětlována ze 71,66-79,79 %. Je však třeba podotknout, že modely již v případě rizikových premií akcií jednotlivých společností, z kterých jsou tato portfolia sestavena, byly schopny relativně dobře vysvětlit závislou proměnnou. Portfolia [1.1] byla sestavena z akcií dvou společností, kdežto portfolia [1.2] z akcií tří společností. Bylo zjištěno, že na přesnost modelů vysvětlit závislou proměnnou nemělo téměř žádný vliv rozšíření portfolia o akcie třetí společnosti.

Portfolia [2.1] a [2.2] byla sestavena z akcií firem s malou tržní kapitalizací. V případě těchto portfolií byl nejzásadnější posun v přesnosti, s jakou jsme schopni modelem vysvětlit závislou proměnnou mezi jednofaktorovým modelem CAPM a dvoufaktorovým modelem FFM 2. Modelem FFM 2 jsme schopni závislou proměnná vysvětlit o více jak 30 % přesněji, než je tomu u modelu CAPM. Přidání další faktoru u modelu FFM 3 a FFM 4 již nemělo významnější vliv na přesnost s jakou jsme pomocí modelu schopni vysvětlit závislou proměnnou. Pro tato portfolia platí, že modely jsou přesněji vysvětlovány závislé proměnné, pokud jsou portfolia

složena dle vah stanovených podle tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností, je tomu tedy přesně naopak, než tomu bylo u portfolií [1.1] a [1.2].

Závěrem lze prohlásit, že pomocí čtyřfaktorového modelu FFM 4, lze nejpřesněji vysvětlit závislou proměnnou u všech 8 zkoumaných portfolií. Neprokázalo se, že by mělo na přesnost modelu jednoznačný vliv, zda bylo portfolií složeno z akcií ve stejném poměru, nebo zda bylo složeno z akcií pomocí vah stanovených dle tržní kapitalizace akcií jednotlivých společností.

### 4.3 Verifikace modelů oceňování kapitálových aktiv na historických datech

V této podkapitole bude provedena verifikace modelů na reálných historických datech jenž, nevstupovali do odhadu  $\beta_{ji}$  rovnic modelů oceňování kapitálových aktiv. Pro účely verifikace byly odhadnuty beta koeficienty na datech od 3.1.2013 do 28.12.2018. Takto odhadnuté  $\beta_{ji}$  rovnice modelů oceňování kapitálových aktiv byly použity k odhadu výnosů akcií jednotlivých společností a portfolií za rok 2019. Pro odhad výnosů akcií jednotlivých společností a portfolií za rok 2019 pomocí jednotlivých modelů oceňování kapitálových aktiv byly použity následující rovnice:

*Model CAPM*

$$E(r_i) = r_f + \beta_m \cdot RP_m,$$

*Model FFM 2*

$$E(r_i) = r_f + \beta_m \cdot RP_m + \beta_{SMB} \cdot RP_{SMB},$$

*Model FFM 3*

$$E(r_i) = r_f + \beta_m \cdot RP_m + \beta_{SMB} \cdot RP_{SMB} + \beta_{HML} \cdot RP_{HML},$$

*Model FFM 4*

$$E(r_i) = r_f + \beta_m \cdot RP_m + \beta_{SMB} \cdot RP_{SMB} + \beta_{HML} \cdot RP_{HML} + \beta_{RMW} \cdot RP_{RMW}.$$

Teorie k testovaným modelům byla podrobněji popsána v podkapitole č. 2.2 a 2.3. Do jednotlivých rovnic modelů oceňování kapitálových aktiv, byly dosazeny kromě odhadnutých  $\beta_{ji}$  také hodnoty rizikových prémie  $RP_m$ ,  $RP_{SMB}$ ,  $RP_{HML}$  a  $RP_{RMW}$  a bezriziková úroková sazba  $r_f$  PRIBOR. Rizikové prémie byly vypočteny, jako rozdíl výnosů portfolií, postup byl podrobněji popsán v podkapitole č. 4.1. Verifikace nebude provedena na výnosech akcií společnosti [10] Avast Software s.r.o., z důvodu nedostatečně dlouhé historické časové řady výnosů akcií.

Modely oceňování kapitálových aktiv budou hodnoceny dle toho, s jakou přesností jsme pomocí jednotlivých modelů schopni odhadnout výnos akcií jednotlivých společností obchodovaných na českém kapitálovém trhu v rámci indexu PX-GLOB a výnos jednotlivých

portfolií za rok 2019. Výsledky verifikace modelů oceňování kapitálových aktiv na výnosech akcií jednotlivých společností za rok 2019 jsou zachyceny v tab. 4.19.

Tab. 4.19 Výsledky verifikace modelů oceňování kapitálových aktiv na výnosech (v %) akcií jednotlivých společností za rok 2019

Akcie společnosti	E ( $r_i$ )	CAPM	FFM 2	FFM 3	FFM 4	Nejpřesnější odhad
		E ( $r_i$ )	E ( $r_i$ )	E ( $r_i$ )	E ( $r_i$ )	
[1]	16,53	17,50	18,65	11,19	12,13	CAPM
[2]	22,15	11,42	12,71	9,57	11,13	FFM 2
[3]	51,97	10,76	25,30	27,98	25,98	FFM 3
[4]	9,60	4,40	7,98	8,99	8,55	FFM 3
[5]	-4,25	11,09	6,91	3,56	1,56	FFM 4
[6]	-0,69	11,60	10,54	19,30	18,08	FFM 2
[7]	17,25	7,80	19,66	17,83	17,75	FFM 4
[8]	-0,22	4,14	7,01	7,16	7,17	CAPM
[9]	-1,82	8,26	6,94	15,05	12,63	FFM 2
[11]	3,02	6,51	17,94	16,44	16,09	CAPM
[12]	-13,08	4,24	6,25	6,11	6,08	CAPM

Zdroj: vlastní zpracování

Z výsledků verifikace modelů oceňování kapitálových aktiv na výnosech akcií jednotlivých společností uvedených v tab. 4.19 vychází jednofaktorový model CAPM jako nejvhodnější pro odhad ročního výnosu akcií jednotlivých společností. Modelem CAPM bylo dosaženo nejpřesnějšího odhadu u akcií 4 z 11 společností. Dvoufaktorovým modelem FFM 2 byly odhadnuty nejpřesněji výnosy akcií 3 z 11 společností. Třífaktorovým modelem FFM 3 a čtyřfaktorovým modelem FFM 4 byly pomocí obou modelů odhadnuty nejpřesněji pouze akcie dvou společností.

Dále se podíváme na verifikaci modelů oceňování kapitálových aktiv na výnosech portfolií za rok 2019. Výsledky verifikace jsou uvedeny v tab. 4.20.

Tab. 4.20 Výsledky verifikace modelů oceňování kapitálových aktiv na výnosech (v %) portfolií za rok 2019

Akcie společnosti	E ( $r_i$ )	CAPM	FFM 2	FFM 3	FFM 4	Nejpřesnější odhad
		E ( $r_i$ )	E ( $r_i$ )	E ( $r_i$ )	E ( $r_i$ )	
[1.1 W]	11,82	15,31	15,49	14,08	15,03	FFM 3
[1.1 E]	5,67	14,61	14,64	15,32	16,30	CAPM
[1.2 W]	11,83	15,31	15,48	14,08	15,03	FFM 3
[1.2 E]	7,85	14,60	14,64	15,33	16,31	CAPM
[2.1 W]	8,32	5,30	11,76	11,88	11,39	CAPM
[2.1 E]	6,31	5,50	12,98	12,76	12,32	CAPM
[2.2 W]	6,32	5,68	12,64	12,69	12,22	CAPM
[2.2 E]	-0,15	5,07	10,89	10,66	10,39	CAPM

Zdroj: vlastní zpracování

Z výsledků verifikace modelů oceňování kapitálových aktiv na výnosech portfolií uvedených v tab. 4.20 vychází jednofaktorový model CAPM jako nejvhodnější pro odhad



ročního výnosu portfolií. Modelem CAPM bylo dosaženo nejpřesnějšího odhadu u výnosů 6 z 8 portfolií. Třífaktorovým modelem FFM 3 byly odhadnuty nejpřesněji výnosy 2 z 8 portfolií. Dvoufaktorovým modelem FFM 2 a čtyřfaktorovým modelem FFM 4 nebyly ni u jednoho portfolia výsledky odhadnuty nejpřesněji.

### **Shrnutí výsledků verifikace modelů oceňování kapitálových aktiv**

V této podkapitole byla provedena verifikace modelů oceňování kapitálových aktiv. Modely byly testovány dle přesnosti, s jakou jsme schopnosti odhadnout výnos akcií jednotlivých společností a portfolií za rok 2019. Nejpřesněji byly odhadnuty výnosy akcií jednotlivých společností a portfolií pomocí jednofaktorového modelu CAPM. Je však třeba poznamenat, že i když byly výnosy modelem CAPM odhadnuty nejpřesněji, tak odhadovaná hodnota se od skutečné ve většině případu značně odchylovala. Dalším zjištěním je, že pomocí modelů je značně problematické odhadovat výnosy akcií jednotlivých společností a portfolií v případě, že ve sledovaném období se výnosy akcií či portfolií vyvíjí jinak než trh. Toto je způsobeno tím, že nejsilnější korelační vztah byl zaznamenán mezi rizikovou prémie akcií jednotlivých společností, portfolií a tržní rizikovou prémie. Konkrétně tržní riziková prémie v průběhu roku 2019 rostla, odhadovaný výnos konkrétní akcie je dle korelace nejvíce ovlivněn  $\beta_m$  tržní betou, to znamená, že pokud roste tržní prémie tak, tak je logicky i pomocí modelu odhadován růst rizikové prémie konkrétní akcie i když je tomu ve skutečnosti přesně naopak a riziková prémie akcie klesá. Výnos akcií jednotlivých společností a portfolií však může být ovlivněna řadou dalších faktorů, které nejsou v těchto modelech oceňování kapitálových aktiv zohledněny.

## 5 Závěr

Cílem práce byla aplikace vícefaktorových modelů oceňování kapitálových aktiv na český kapitálový trh. Modely byly testovány na denních datech akcií obchodovaných na Burze cenných papírů Praha, a.s. v rámci souhrnného indexu PX-GLOB. Jednotlivé modely byly podrobeny nejen statistické verifikaci, ale i verifikaci na historických datech. Dle výsledků verifikací byl určen model, pomocí kterého lze nejpřesněji v podmínkách českého kapitálového trhu odhadnout výnosy akcií jednotlivých společností či portfolií. Tato práce byla rozdělena do tří částí.

První část byla zaměřena na teoretické poznatky a východiska problematiky oceňování kapitálových aktiv. Byly zde popsány metody, dle kterých lze stanovit náklady na vlastní kapitál. Pozornost byla obzvláště věnována jednofaktorovému modelu oceňování kapitálových aktiv CAPM a třífaktorovému modelu oceňování kapitálových aktiv Fama-French včetně dalších variací tohoto modelu. Dále byla popsána statistická metoda pro odhad beta koeficientů jednotlivých faktorů v rámci modelů oceňování kapitálových aktiv.

Ve druhé části byla představen český kapitálový trh včetně historie vzniku. Dále byl popsán index PX-GLOB, aktuální složení indexu včetně popisu jednotlivých společností jenž, jsou v rámci tohoto indexu obchodovány. Dále byla provedena analýza historických časových řad vstupních dat a následná selekce společností, jejichž data nebylo vhodné brát v úvahu pro verifikaci modelů. Byla vybrána bezriziková úroková sazba PRIBOR, jenž vstupuje do rovnic modelů oceňování kapitálových aktiv. Na konci této části byly charakterizovány základní statistiky závislých i nezávislých proměnných vstupujících do modelů oceňování kapitálových aktiv.

Třetí část byla věnována samotné aplikaci modelů oceňování kapitálových aktiv na český kapitálový trh. Napřed byla sestavena portfolia k výpočtu rizikových premií jednotlivých faktorů v modelech oceňování kapitálových aktiv. Následně byla provedena statistická verifikace modelů včetně odhadu beta koeficientů pro akcie jednotlivých společností či portfolia. Nakonec byla provedena verifikace na reálných historických datech, kdy jsme se pomocí modelů oceňování kapitálových aktiv pokusili odhadnout výnosy akcií jednotlivých společností a portfolií za rok 2019. Odhadnuté výnosy byly porovnány se skutečnými a na základě odchylek odhadů od skutečnosti byl vybrán model, pomocí kterého lze v podmínkách českého kapitálového trhu nejpřesněji odhadovat výnosy akcií či portfolií.

V rámci statistické verifikace jednotlivých modelů oceňování kapitálových aktiv aplikovaných na český kapitálový trh bylo zjištěno, že pomocí vícefaktorových modelů a zejména pomocí čtyřfaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv FFM 4 jsme schopni přesněji vysvětlit závislou proměnnou představovanou rizikovou premií akcií jednotlivých společností a rizikovou premií vybraných portfolií. Dalším krokem byla verifikace modelů oceňování kapitálových aktiv na reálných historických datech. Cílem bylo zjistit pomocí kterého modelu jsme schopni co nejpřesněji odhadnout výnos akcií jednotlivých společností a vybraných portfolií za rok 2019. Při verifikaci na reálných historických datech bylo dosahováno nejpřesnějšího odhadu pomocí jednofaktorového modelu oceňování kapitálových aktiv CAPM. Jedním z důvodů, proč pomocí jednofaktorového modelu bylo dosahováno přesnějších odhadů, než pomocí vícefaktorových modelů je skutečnost, že rizikové faktory byly konstruovány na datech amerického kapitálového trhu a uplatnění těchto rizikových faktorů v rámci českého kapitálového trhu je značně omezené.

## Seznam použité literatury

### Knižní zdroje

- 1 MAŘÍK, Miloš a kol. *Metody oceňování podniku pro pokročilé: hlubší pohled na vybrané problémy*. 2. upr. vyd. Praha: Ekopress, 2018. 545 s. ISBN 978-80-87865-42-2.
- 2 ZMEŠKAL, Zdeněk, Dana DLUHOŠOVÁ a Tomáš TICHÝ. *Finanční modely: koncepty, metody, aplikace*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2013. 267 s. ISBN 978-80-86929-91-0.
- 3 DLUHOŠOVÁ, Dana a kol. *Finanční řízení a rozhodování podniku: analýza, investování, oceňování, riziko, flexibilita*. 3. upr. vyd. Praha: Ekopress, 2010. 225 s. ISBN 978-80-8560-541-9.
- 4 MAŘÍK, Miloš a kol. *Metody oceňování podniku: proces ocenění, základní metody a postupy*. 4. upr. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2018. 551 s. ISBN 978-80-87865-38-5.
- 5 HANČLOVÁ, Jana. *Ekonometrické modelování*. 1. vyd. Praha: Kamil Mařík – Professional Publishing, 2000. 214 s. ISBN 978-80-7431-088-1.
- 6 GOKTEN, Soner. *Financial Management from an Emerging Market Perspective*. Rijeka: IntechOpen, 2018. 318 s. ISBN 978-953-51-4019-1.
- 7 MUSÍLEK, P. *Trhy cenných papírů*. 2 aktualiz. vyd. Praha: Ekopress, 2011. 520 s. ISBN 978-80-86929-70-5.
- 8 EVANS, D., James. *Straightforward statistic for the behavioral sciences*. Pacific Grove: Brooks/Cole Pub. Co., 1996. 600 s. ISBN 9780534231002.

### Odborné články

- 9 FAMA, E. F., FRENCH, K. R. *Multifactor Explanations of Asset Pricing Anomalies*. Journal of Finance, Vol. 51, No. 1, 03/1996, s. 55-84. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1540-6261.1996.tb05202.x>
- 10 FAMA, E. F., FRENCH, K. R. *The cross-Section of Expected Stock Returns*. Journal of Finance, Vol. 47, No. 2, 06/1992, s. 427-465. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1540-6261.1992.tb04398.x>
- 11 ANTOCH, Jaromír a kol. *Detekce změn v panelových datech: změna parametrů Fama-French modelu u vybraných evropských akcií v období finanční krize*. Politická ekonomie 2019, č. 67, s. 3-19. Dostupné z: <https://polek.vse.cz/pdfs/pol/2019/01/01.pdf>

## Elektronické zdroje

- 12 DUBERSTEIN, Billy. *3 Growth Stocks I'd Buy Right Now* [online]. The Motley Fool [cit. 2020-4-13]. Dostupné z: <https://www.fool.com/investing/2020/04/13/3-growth-stocks-id-buy-right-now.aspx>
- 13 FINANCE V PRAXI. *Úvod do regresní analýzy* [online]. [cit. 2020-2-10]. Dostupné z: <https://www.financevpraxi.cz/statistika-linearni-regrese>
- 14 INVESTOPEDIA. *Capital Asset Pricing Model (CAPM)* [online]. [cit. 2020-2-11]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/c/capm.asp>
- 15 YAHOO FINANCE. *Stock's Historical Prices* [online]. [cit. 2020-1-15]. Dostupné z: <https://finance.yahoo.com/>
- 16 BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA. *Index PX-GLOB* [online]. [cit. 2020-1-10]. Dostupné z: <https://www.pse.cz/indexy/hodnoty-indexu/detail/CZ0160000001>
- 17 ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Sazby PRIBOR – roční historie* [online]. [cit. 2020-3-20]. Dostupné z: [https://www.cnb.cz/cs/financni-trhy/penezni-trh/pribor/fixing-urokovych-sazeb-na-mezibankovnim-trhu-depozit-pribor/rok\\_form.html](https://www.cnb.cz/cs/financni-trhy/penezni-trh/pribor/fixing-urokovych-sazeb-na-mezibankovnim-trhu-depozit-pribor/rok_form.html)
- 18 JUSTICE. *Sbírka listin vybraných společností* [online]. [cit. 2020-3-20]. Dostupné z: <https://www.justice.cz/>
- 19 FRENCH, R., Keneth. *Data Library* [online]. [cit. 2020-1-20]. Dostupné z: [https://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data\\_library.html](https://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html)

## Seznam zkratk

APM	Arbitrage Pricing Model
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CMA	Conservative minus aggressive
FFM 2	Dvoufaktorový model Fama-French
FFM 3	Třífaktorový model Fama-French
FFM 4	Čtyřfaktorový model Fama-French
HML	High minus low
PRIBOR	Prague interbank offered rate
RMW	Robust minus weak
SMB	Small minus big
WACC	Weighted average cost of capital

## Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- беру на ве́доміі, že odevzdáním diplomové (bakalářské) práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou (bakalářskou) práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 23.4.2020



Pavel Urbášek

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1: Hodnoty dolního a horního kvantilu závislých proměnných v případě, kdy jsou závislé proměnné představovány rizikovými premiemi portfolií

Příloha č. 2: Hodnoty dolního a horního kvantilu nezávislých proměnných v případě menšího počtu pozorování

Příloha č. 3: Přehled rozptylu závislých proměnných v případě menšího počtu pozorování

Příloha č. 4: Rozdělení pravděpodobností závislých i nezávislých proměnných vstupujících do výpočtů

Příloha č. 5: Hodnoty korelačních vztahů mezi nezávislými proměnnými v případě menšího počtu pozorování



## Přílohy

Příloha č. 1: Hodnoty dolního a horního kvantilu (v %) závislých proměnných v případě, kdy jsou závislé proměnné představovány rizikovými premiemi portfolií

$Y_i$	[1.1 W]	[1.1 E]	[1.2 W]	[1.2 E]	[2.1 W]	[2.1 E]	[2.2 W]	[2.2 E]
0,05 %	-7,39	-6,69	-9,85	-14,31	-7,44	-6,95	-10,05	-9,61
99,95 %	5,59	5,14	4,28	5,09	5,29	5,00	4,44	4,00

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha č. 2: Hodnoty dolního a horního kvantilu (v %) nezávislých proměnných v případech menšího počtu pozorování

$Y_i$	Počet pozorování	$R_m - R_f$		$RP_{SMB}$		$RP_{HML}$		$RP_{RMW}$	
		0,05 %	99,95 %	0,05 %	99,95 %	0,05 %	99,95 %	0,05 %	99,95 %
[7]	913	-3,72	2,38	-2,99	3,33	-3,83	4,55	-3,51	4,23
[8]	1 019	-3,72	3,13	-3,17	3,72	-4,17	5,00	-3,78	4,40
[10]	408	-1,92	1,98	-2,55	2,24	-2,99	3,36	-3,11	2,76
[11]	1 544	-3,93	3,31	-9,41	5,28	-5,28	5,33	-5,28	4,45

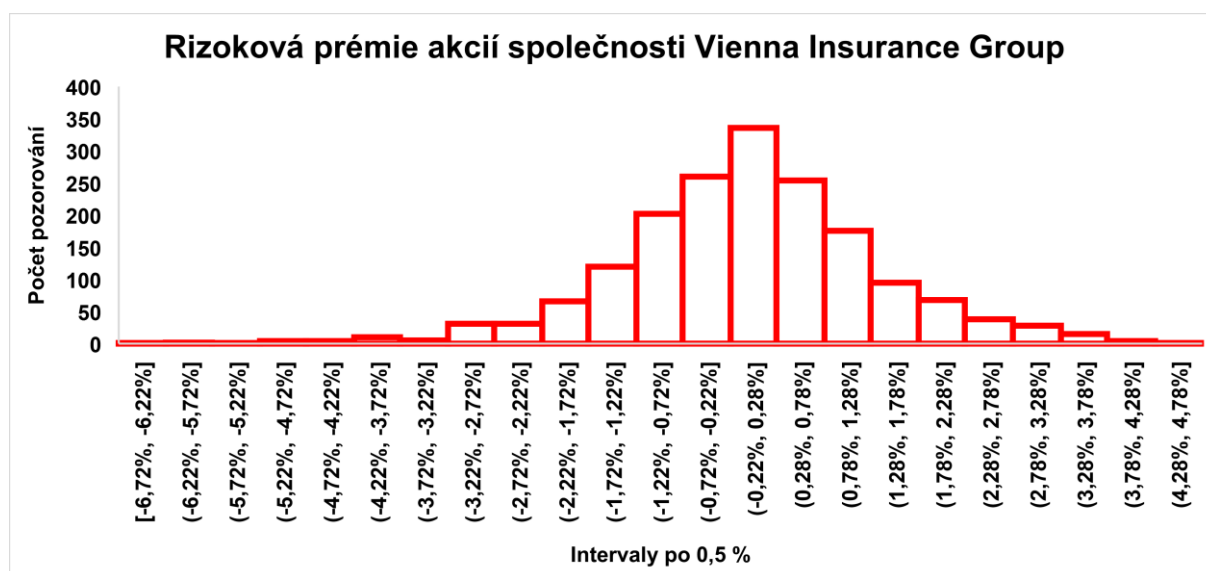
Zdroj: vlastní zpracování

Příloha č. 3: Přehled rozptylu (v %) závislých proměnných v případě menšího počtu pozorování

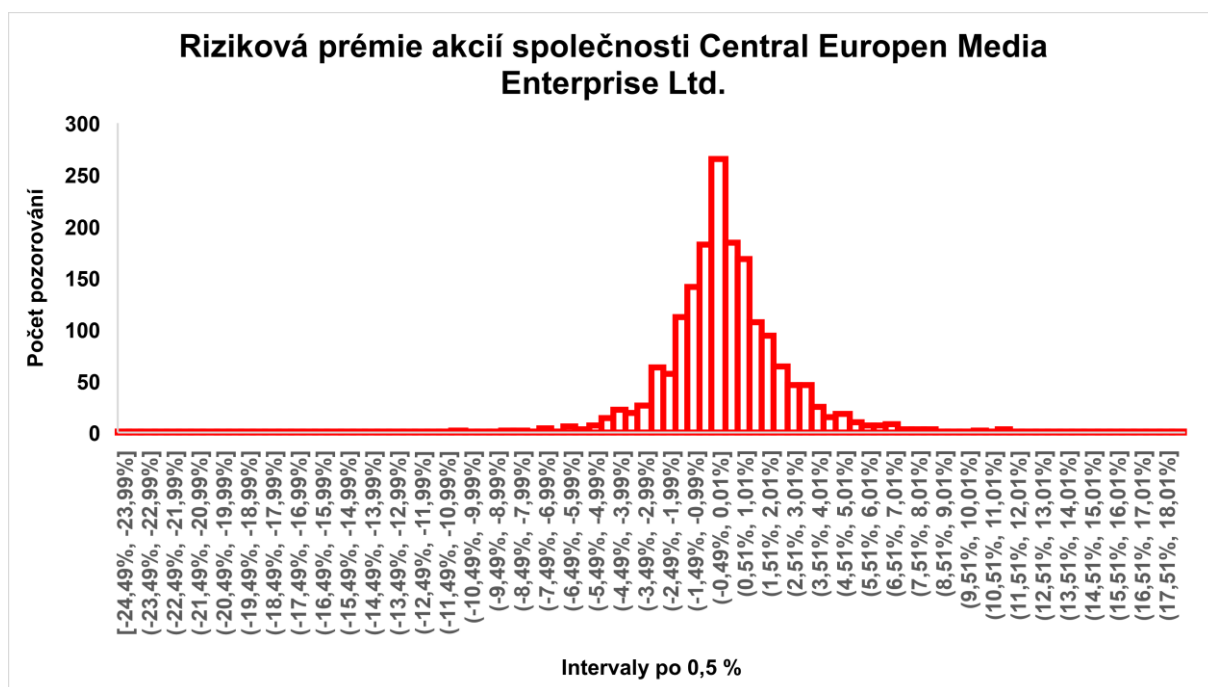
$Y_i$	Počet pozorování	$R_m - R_f$	$RP_{SMB}$	$RP_{HML}$	$RP_{RMW}$
[7]	913	0,64	0,83	0,99	0,90
[8]	1 019	0,71	0,90	1,04	0,98
[10]	408	0,58	0,77	0,88	0,84
[11]	1 544	0,78	1,09	1,13	1,11

Zdroj: vlastní zpracování

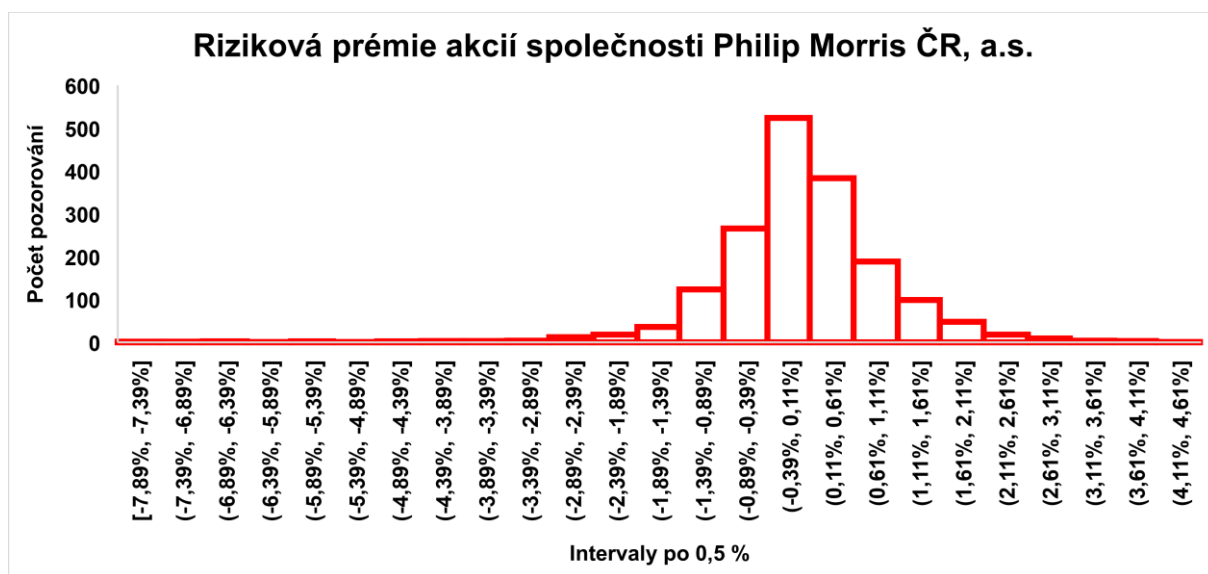
Příloha č. 4: Rozdělení pravděpodobností závislých i nezávislých proměnných vstupujících do výpočtů



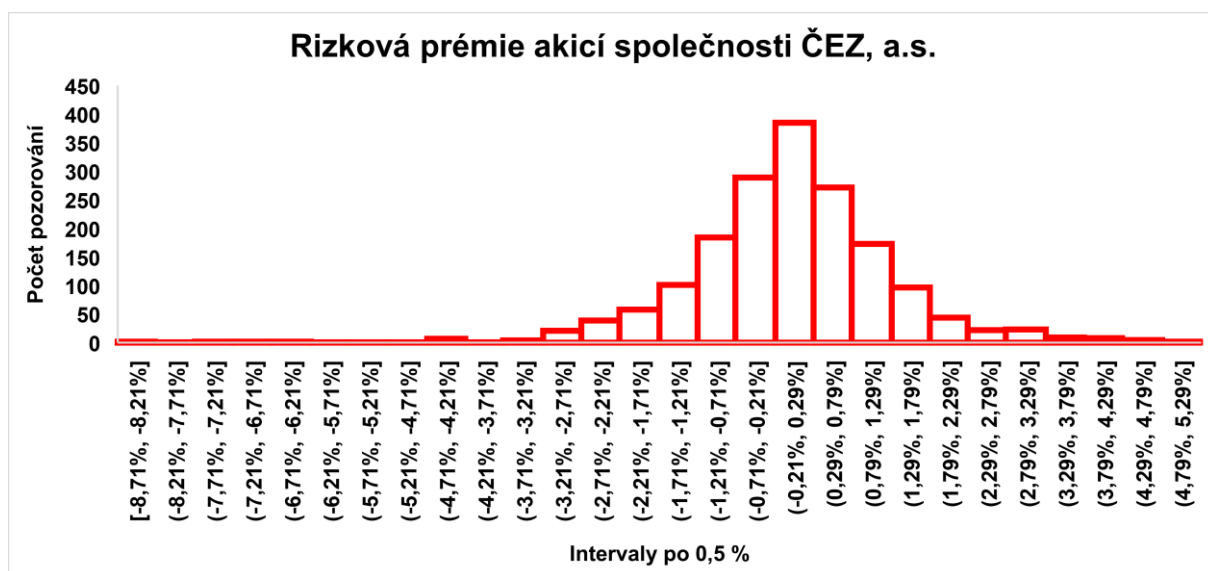
Zdroj: vlastní zpracování



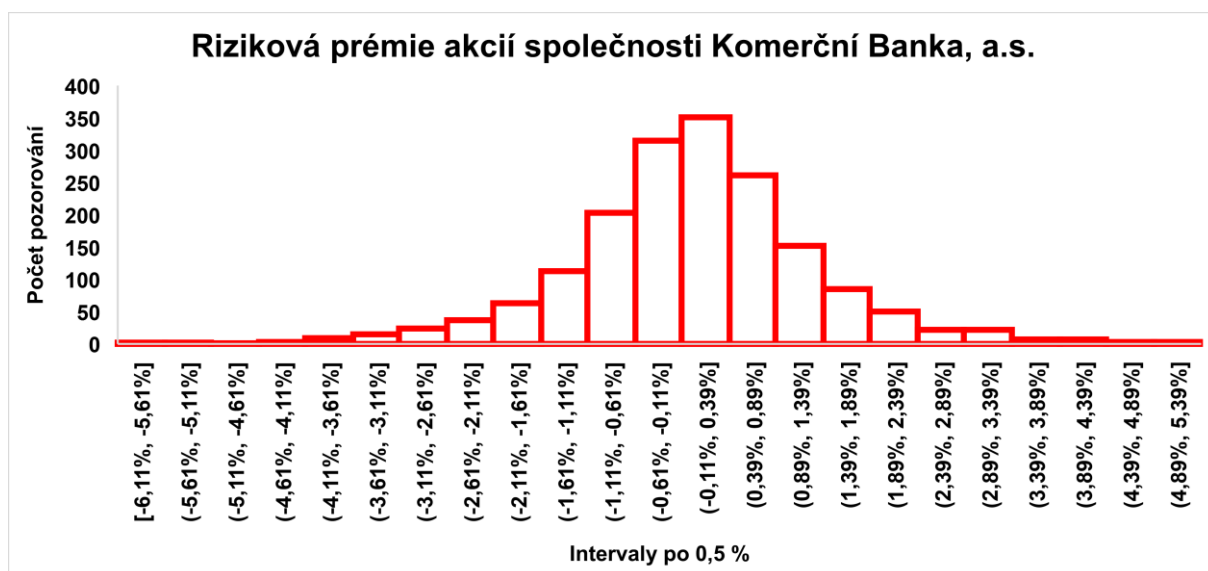
Zdroj: vlastní zpracování



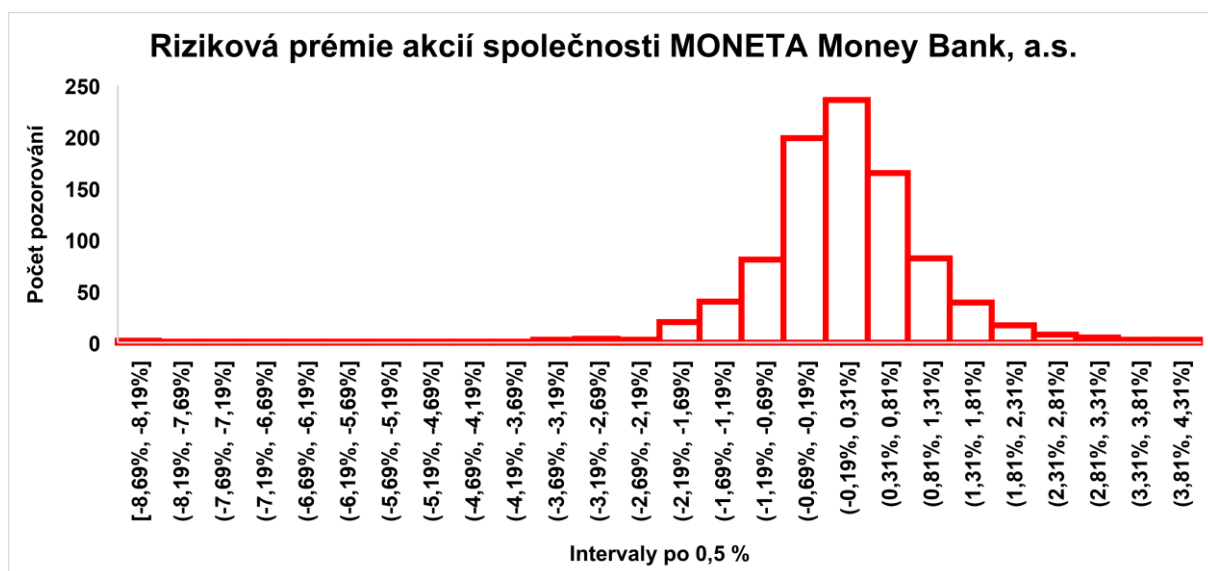
Zdroj: vlastní zpracování



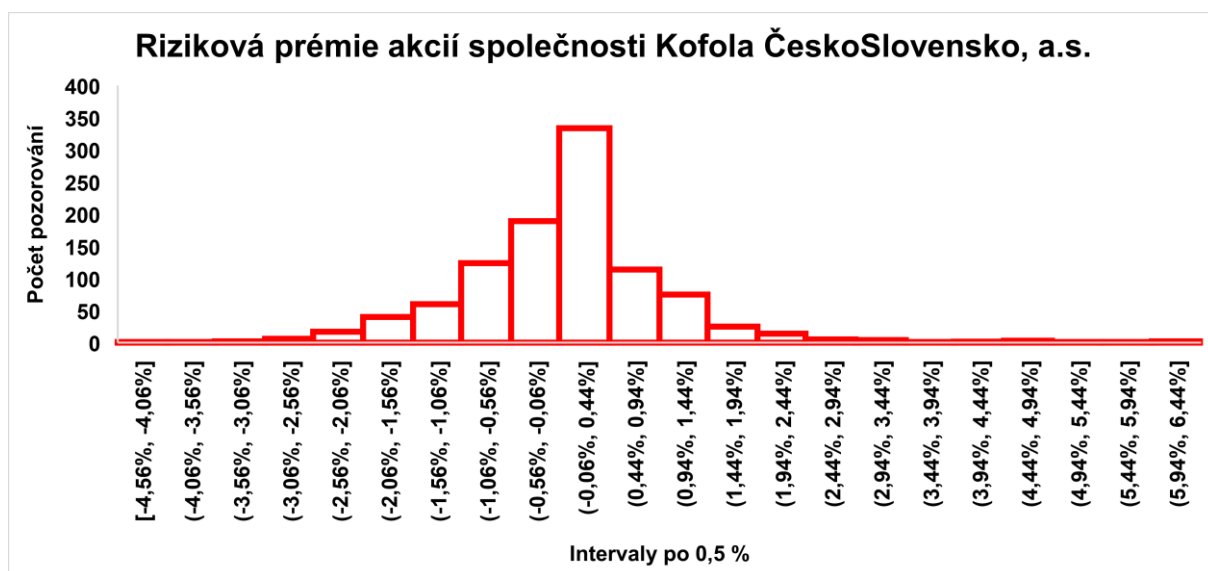
Zdroj: vlastní zpracování



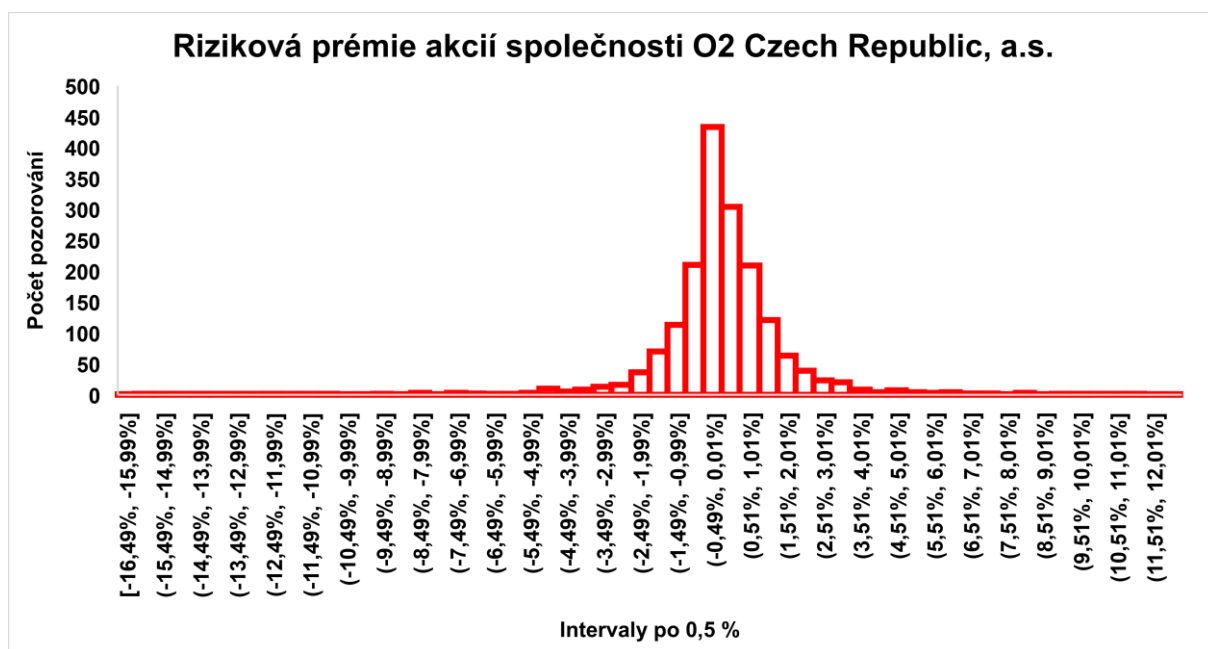
Zdroj: vlastní zpracování



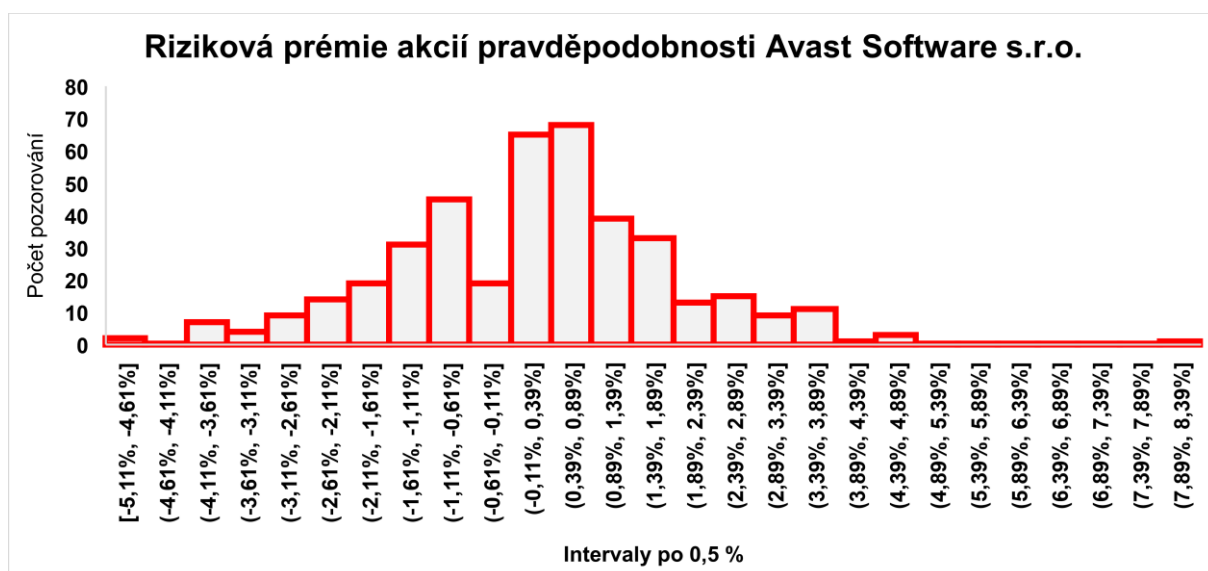
Zdroj: vlastní zpracování



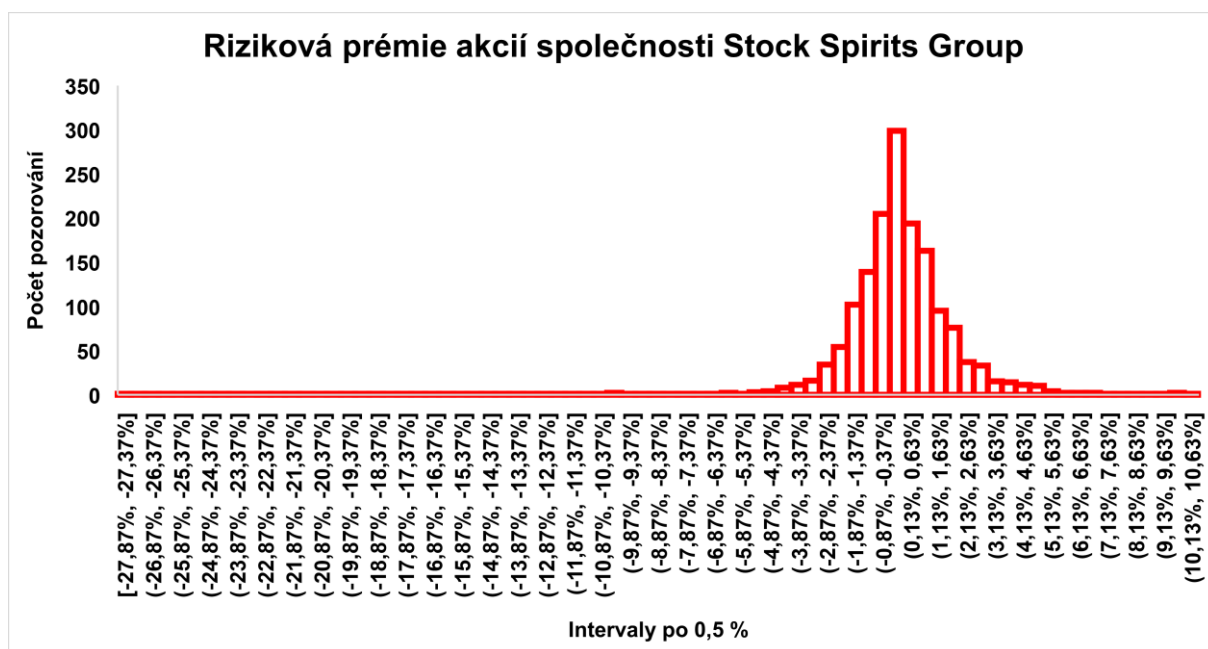
Zdroj: vlastní zpracování



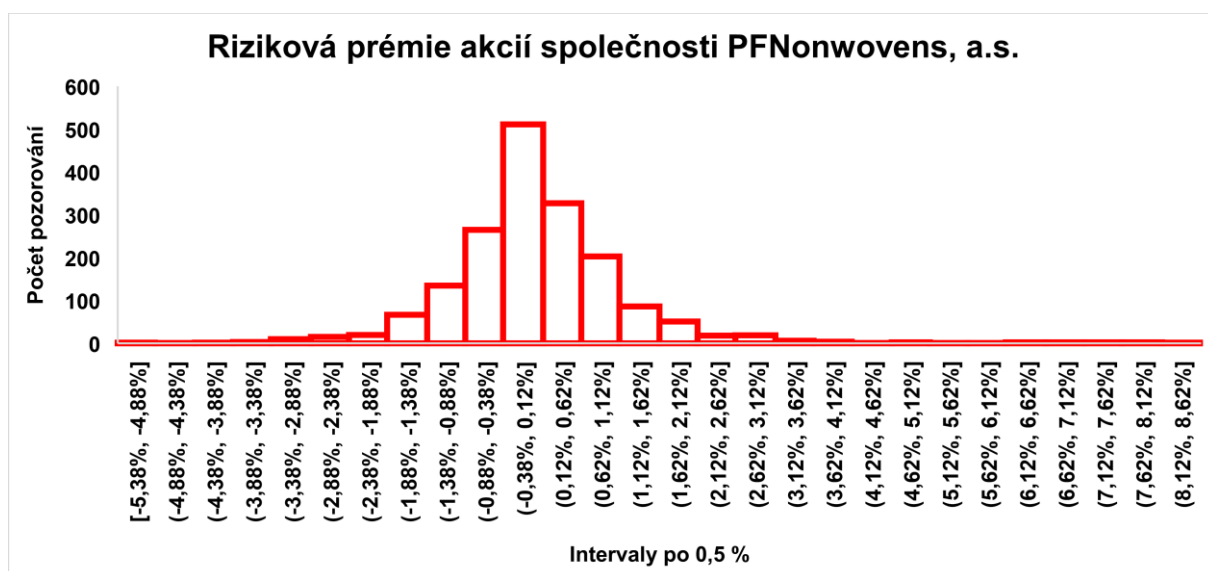
Zdroj: vlastní zpracování



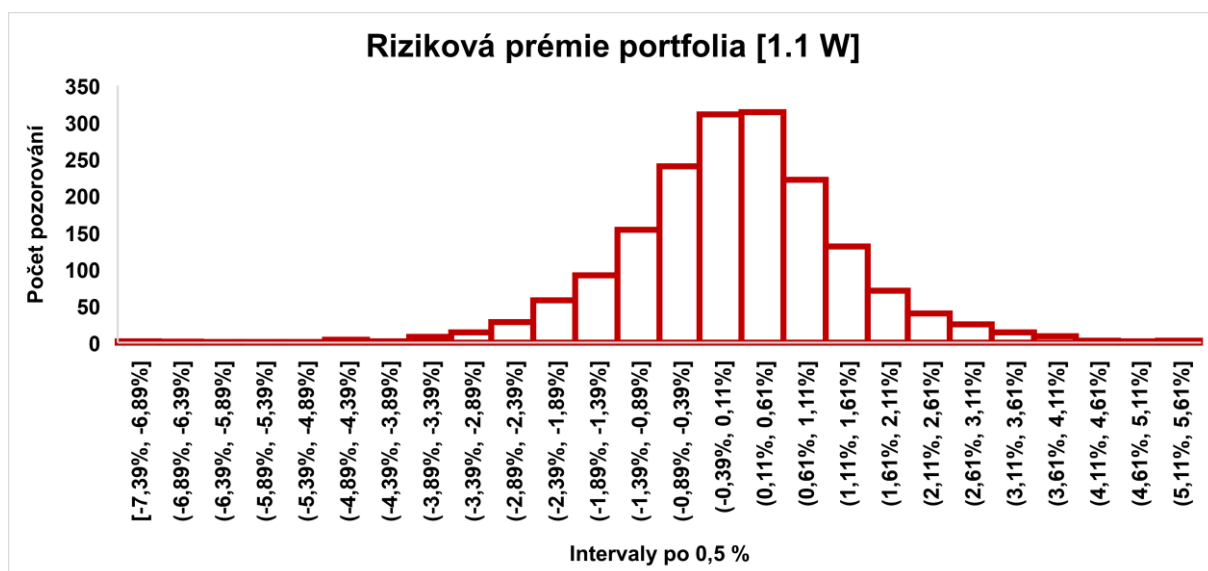
Zdroj: vlastní zpracování



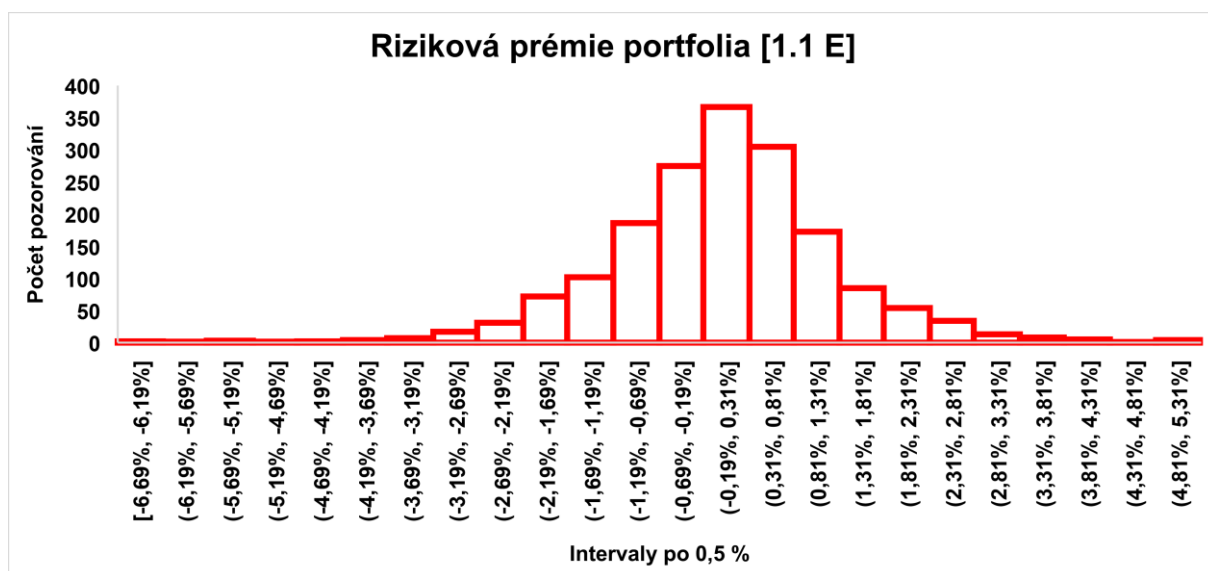
Zdroj: vlastní zpracování



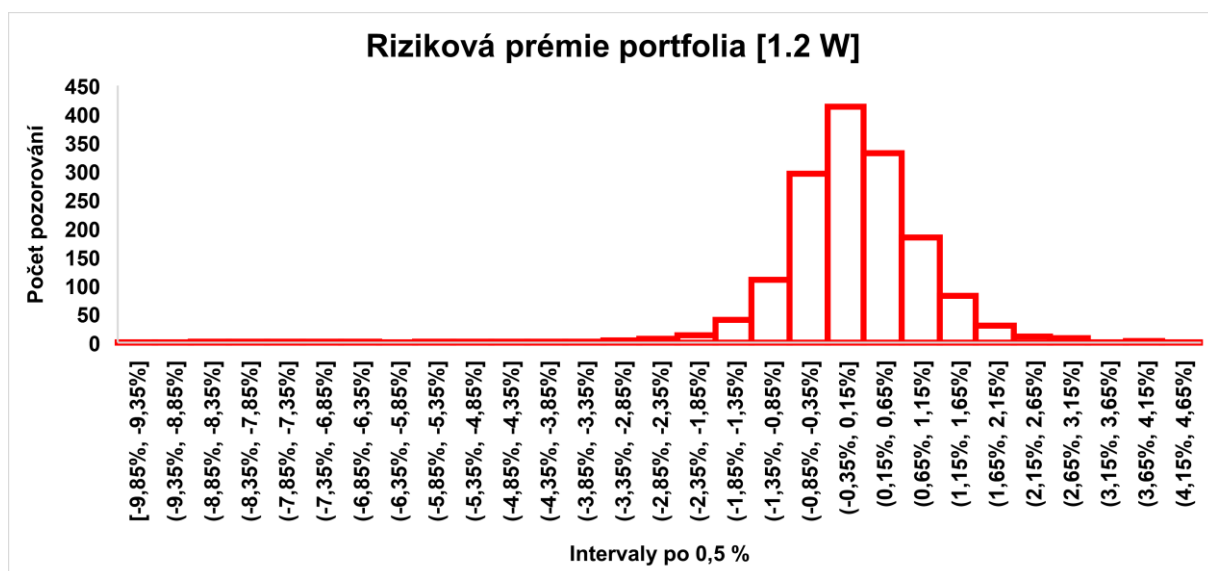
Zdroj: vlastní zpracování



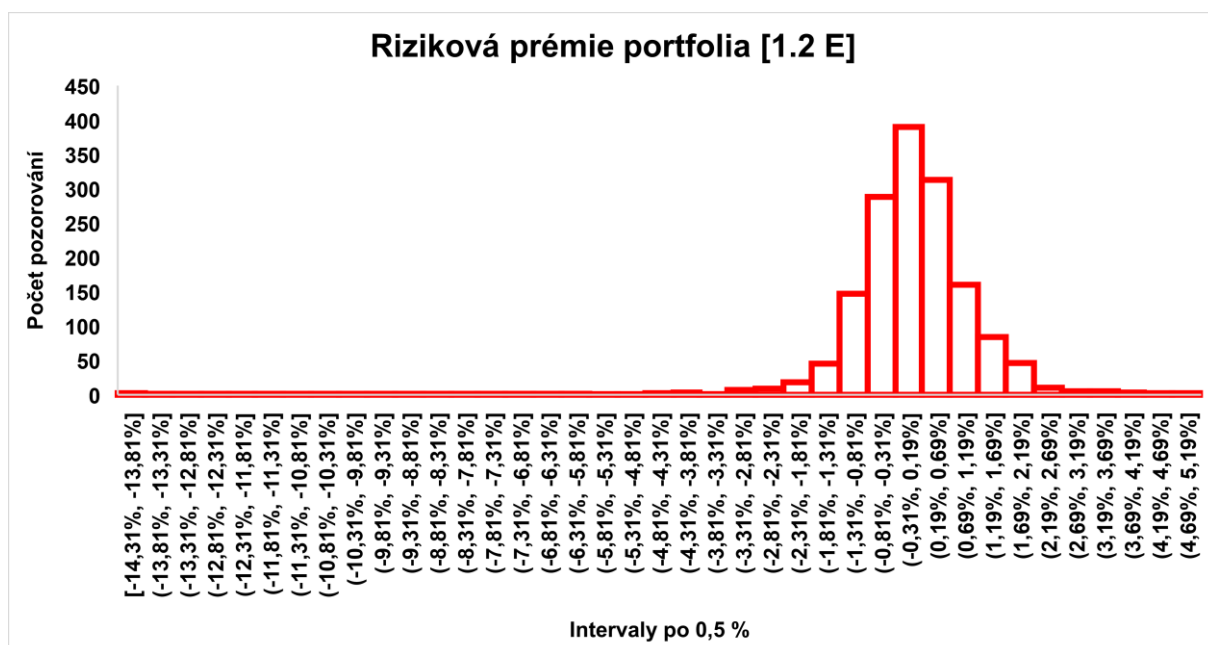
Zdroj: vlastní zpracování



Zdroj: vlastní zpracování

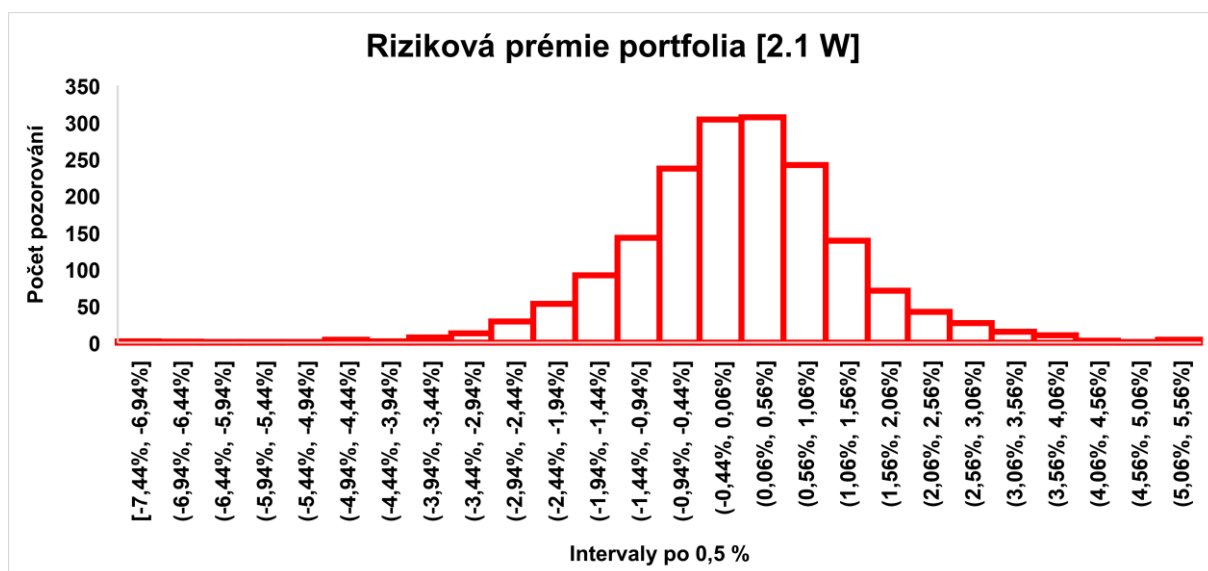


Zdroj: vlastní zpracování

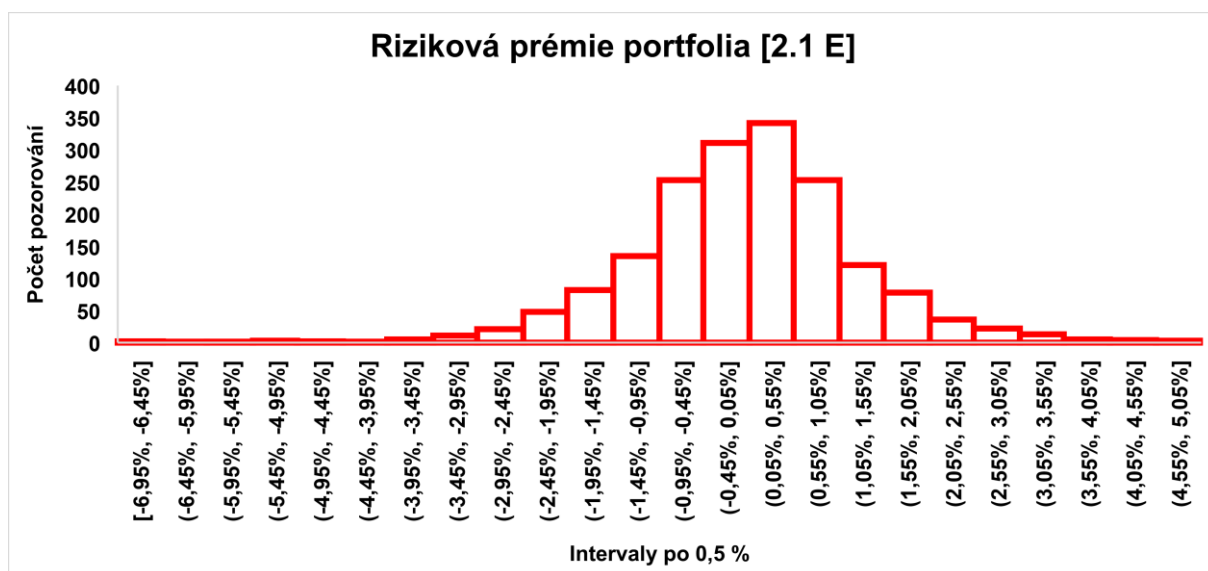


Zdroj: vlastní zpracování

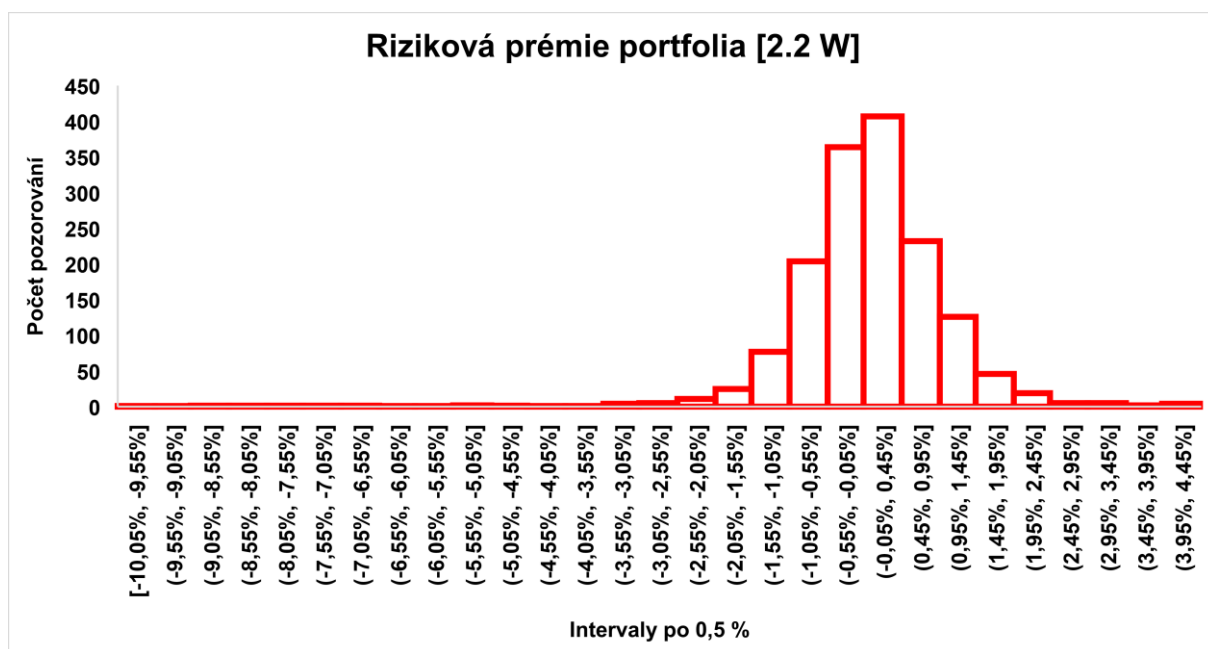




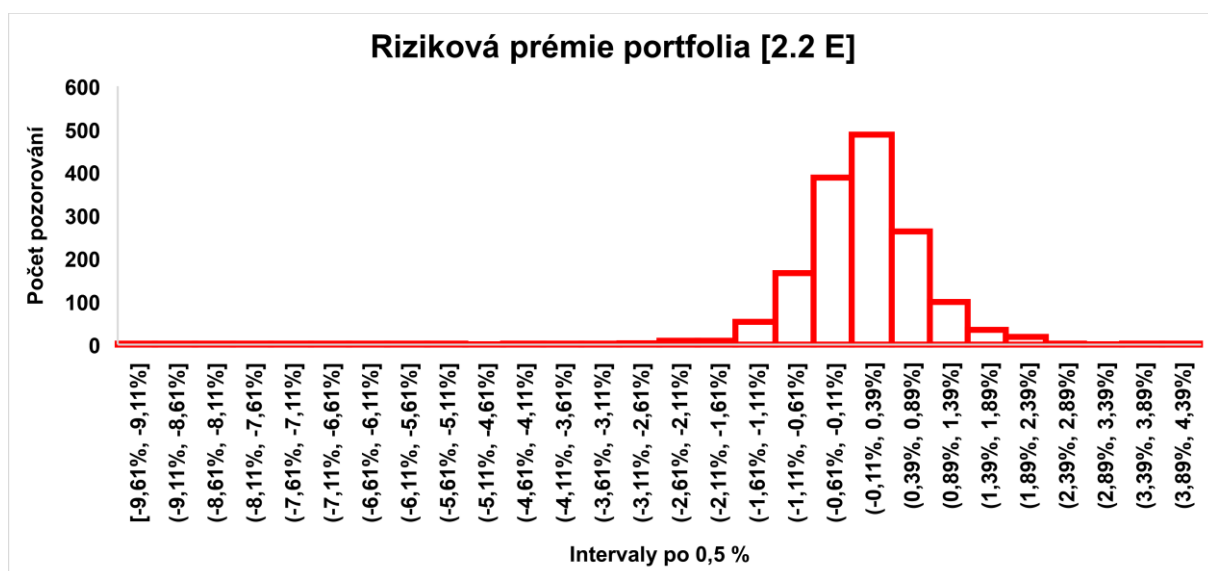
Zdroj: vlastní zpracování



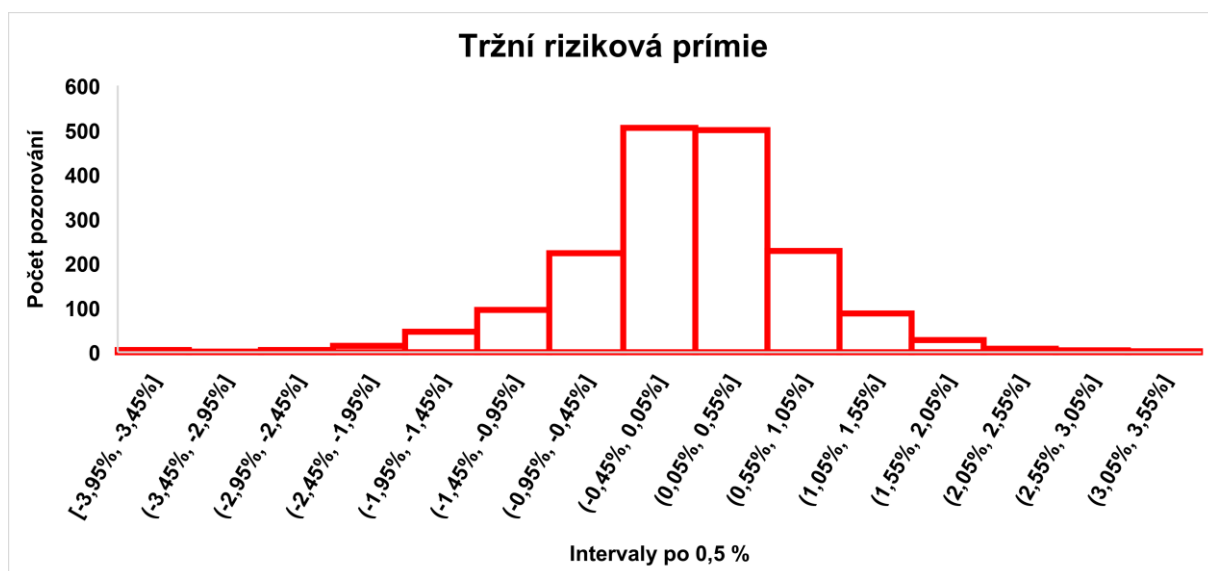
Zdroj: vlastní zpracování



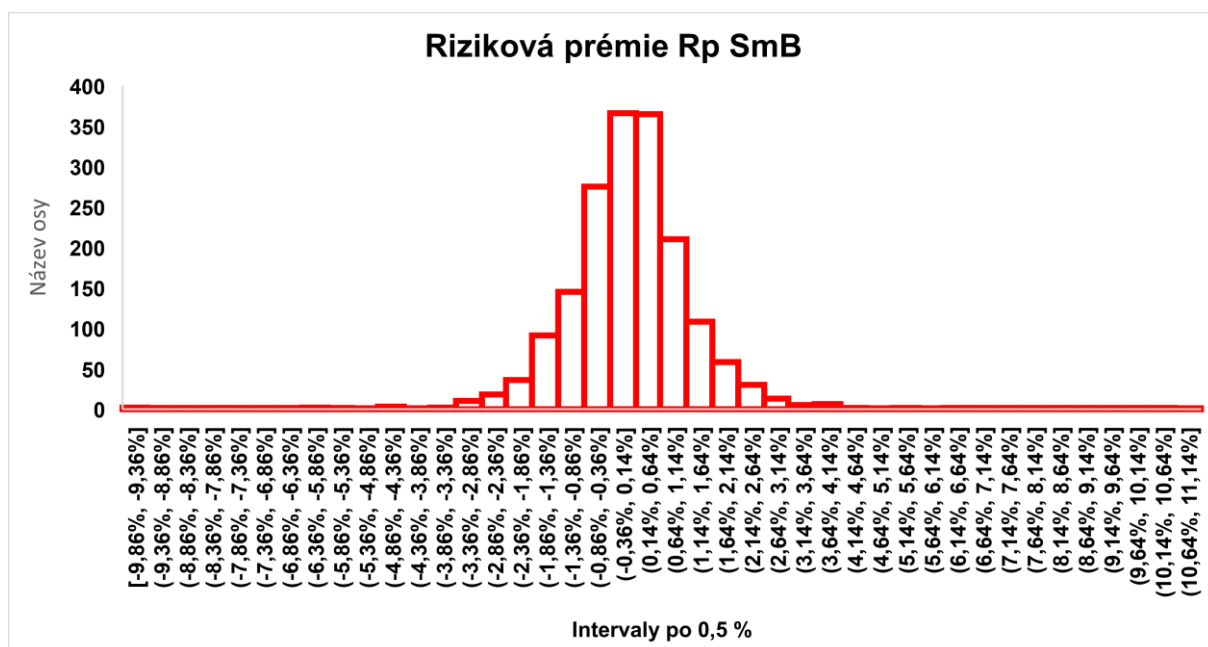
Zdroj: vlastní zpracování



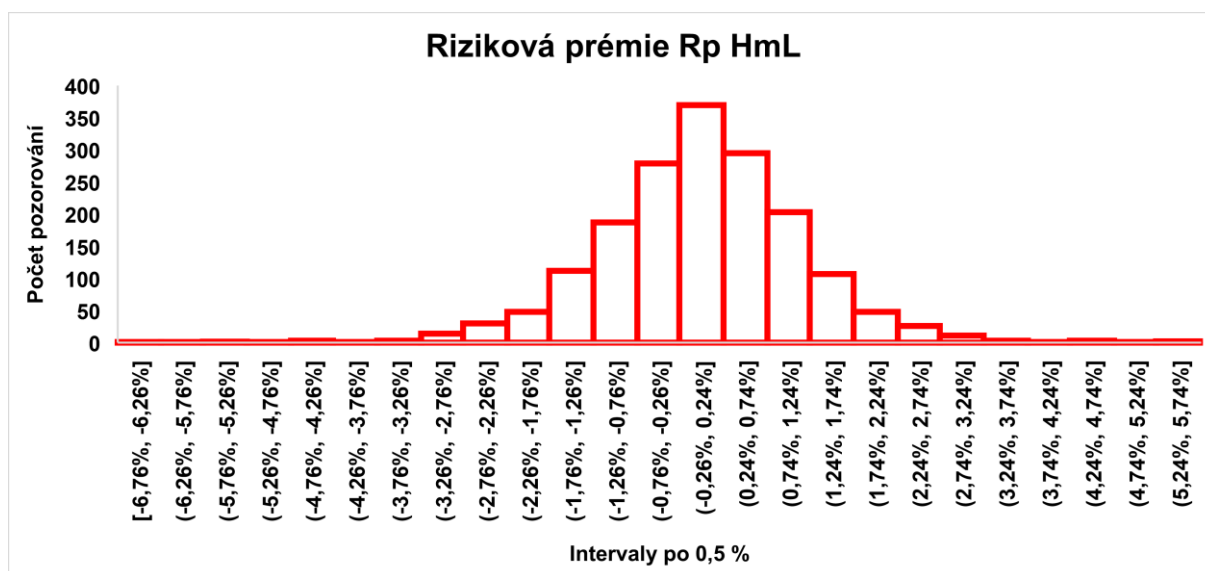
Zdroj: vlastní zpracování



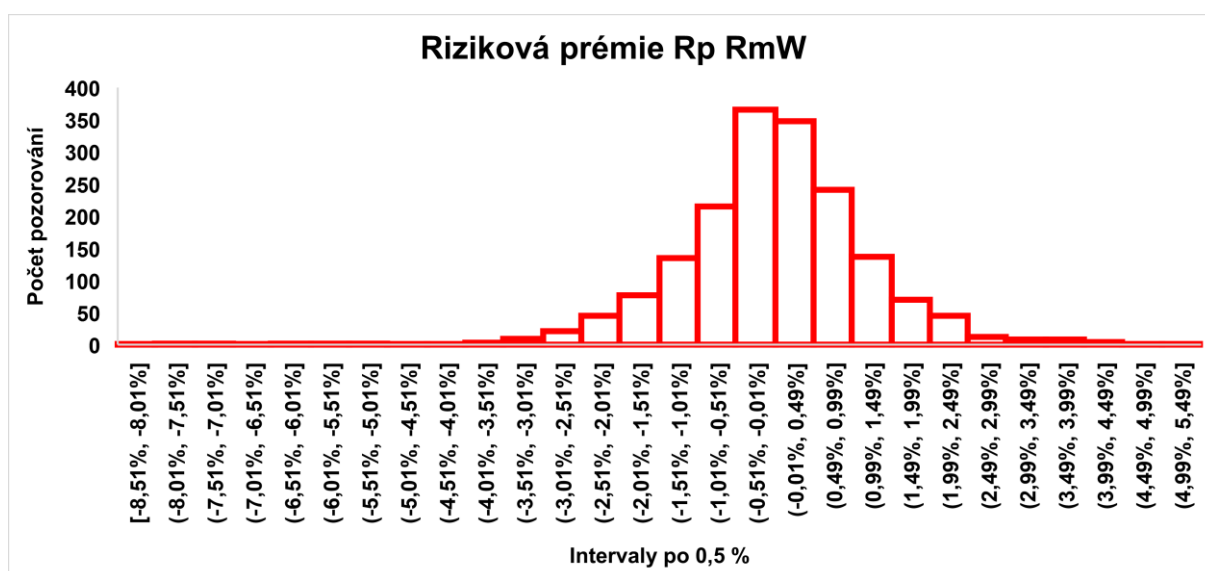
Zdroj: vlastní zpracování



Zdroj: vlastní zpracování



Zdroj: vlastní zpracování



Zdroj: vlastní zpracování

Příloha č. 5: Hodnoty korelačních vztahů mezi nezávislými proměnnými v případě menšího počtu pozorování

Společnost	MONETA Money Bank, a.s.		Počet pozorování	
$X_j$	$RP_m$	$RP_{SMB}$	$RP_{HML}$	$RP_{RMW}$
$RP_m$	1			
$RP_{SMB}$	-0,5839	1		
$RP_{HML}$	0,3188	-0,4344	1	
$RP_{RMW}$	0,1776	-0,2687	0,7958	1

Zdroj: vlastní zpracování

Společnost	Kofola ČeskoSlovensko, a.s.		Počet pozorování	1 019
$X_j$	$RP_m$	$RP_{SMB}$	$RP_{HML}$	$RP_{RMW}$
$RP_m$	1			
$RP_{SMB}$	-0,5613	1		
$RP_{HML}$	0,3173	-0,3288	1	
$RP_{RMW}$	0,0725	-0,1900	0,7012	1

Zdroj: vlastní zpracování

Společnost	Avast Software s.r.o.		Počet pozorování	408
$X_j$	$RP_m$	$RP_{SMB}$	$RP_{HML}$	$RP_{RMW}$
$RP_m$	1			
$RP_{SMB}$	-0,5552	1		
$RP_{HML}$	0,3072	-0,4404	1	
$RP_{RMW}$	0,1692	-0,2896	0,8436	1

Zdroj: vlastní zpracování

Společnost	Stock Spirits Group		Počet pozorování	1 544
$X_j$	$RP_m$	$RP_{SMB}$	$RP_{HML}$	$RP_{RMW}$
$RP_m$	1			
$RP_{SMB}$	-0,4464	1		
$RP_{HML}$	0,2737	-0,1940	1	
$RP_{RMW}$	0,0035	-0,2357	0,5199	1

Zdroj: vlastní zpracování